

Die Metalle

und ihre Verarbeitung.

Brennmaterialien, Heizung und Feuerung.

Die Metalle

und ihre Verarbeitung.

Brennmaterialien, Heizung und Feuerung.

Für den

Selbstunterricht und zum Gebrauche an Universitäten

und

technischen Lehranstalten.

Von

Dr. Joh. Rudolf Wagner,

o. ö. Prof. der Technologie an der Universität Würzburg.

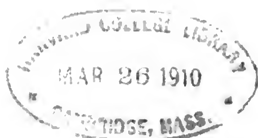
Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 241 Holzschnitten.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1866.


MAR 26 1910
HARVARD COLLEGE LIBRARY
CAMBRIDGE, MASS.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage des vorliegenden Buches, das im December 1863 vollendet wurde, hat sich in Deutschland und im Auslande einer so überaus günstigen Aufnahme zu erfreuen gehabt, dass eine neue Auflage nöthig geworden, die ich hiermit dem Publikum übergebe.

War nun auch bei der neuen Auflage keine Veranlassung gegeben, die Anordnung des Stoffes einer wesentlichen Veränderung zu unterwerfen, so hat doch, um die Mängel und Lücken der ersten Auflage zu beseitigen und das Buch auf das Niveau der heutigen metallurgisch-technologischen Wissenschaft zu bringen, eine eingehende Umarbeitung und Ergänzung des Ganzen stattfinden müssen.

In der ersten Abtheilung, die von den Metallen und ihrer Verarbeitung handelt, sind die Abschnitte Eisen und Stahl, die hydrometallurgische Kupfer- und Silbergewinnung, die Nickelfabrikation total umgearbeitet und die in dem verwichenen Jahrzehnd der Industrie dienstbar gewordenen Metalle Aluminium und Magnesium mit aufgenommen und die Kapitel von den Legirungen, der Metallgiesserei und Metallstreckerei bis auf die neueste Zeit so weit als thunlich ergänzt worden. Der die technisch-wichtigeren Metallpräparate umfassende fünfte Abschnitt wurde, namentlich was die Blei- und Arsen-

präparate betrifft, entsprechend erweitert und durch die Aufnahme der Chrom- und Antimonpräparate bereichert. Ebenso wurde in dem Abschnitte von den Metallfabrikationen die Münz-, die Nadel- und die Uhrenfabrikation umgearbeitet.

In der zweiten Abtheilung, die Brennstoffe, die Heizung und die Feuerung umfassend, wird wohl keine Untersuchung, keine Beobachtung, überhaupt keine Thatsache im Betreff der modernen Pyrotechnik existiren, die je nach ihrer Tragweite in der neuen Auflage nicht mit in den Stoff verwebt oder mindestens erwähnt worden wäre. Am meisten dürfte dieser Umstand in den Abschnitten, die von der Steinkohle, der Verkokung und den rauchlosen Feuerungen handeln, sich geltend machen.

Gern würde ich hier und da in grössere Details eingegangen sein oder wie bei den Metallpräparaten und Metallfabrikationen den Umfang und die Anzahl der abzuhandelnden Objecte vergrössert haben, wäre es nicht der Wunsch der Verlagshandlung gewesen, das Buch im wesentlichen in unveränderter Bogenzahl zu halten.

Die in dem Buche vorkommenden Grössenbestimmungen sind zum grössten Theile nach dem metrischen Systeme ausgeführt, dessen allgemeine Einführung in Nord- und Süddeutschland als natürliche Folge der weltgeschichtlichen Ereignisse des heurigen Sommers wohl in Bälde zu erwarten steht.

Möge nun diese zweite Auflage einer gleichen warmen Aufnahme wie ihre Vorgängerin sich zu erfreuen haben!

Würzburg, 1. November 1866.

Rudolf Wagner.

Inhalt.

Die Metalle und ihre Verarbeitung.

Erster Abschnitt.

Das Ausbringen der Metalle aus ihren Erzen.

Zweiter Abschnitt.

Die Legirungen.

Dritter Abschnitt.

Die Metallgiesserei.

Vierter Abschnitt.

Die Metallstreckerei.

Fünfter Abschnitt.

Die technisch wichtigeren Metallpräparate.

Sechster Abschnitt.

Einige specielle Metallfabrikationen.

Die Brennmaterialien, die Heizung und Feuerung.

Einleitung.

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien im Besonderen.

Zweiter Abschnitt.

Heizung und Feuerung.

Allgemeine Einleitung zur Theorie und Praxis der Gewerbe.

Allgemeines.

1. Es ist kaum ein Jahrhundert verflossen seit jener Zeit, wo man zuerst angefangen hat, die gewerblichen Verrichtungen zum Stoff für wissenschaftliche Betrachtungen zu machen, und schon ist durch die Verschmelzung der Wissenschaft mit der Technik eine neue Disciplin, die Theorie des Gewerbewesens erstanden, welche mit Hilfe der beschreibenden Naturwissenschaft vor allen und vorzugsweise aber mit Hilfe der Mechanik, der Physik und der Chemie die Erscheinungen und Gesetze zu erforschen sucht, auf welche die gewerbliche Praxis sich gründet.

In früherer Zeit, als das Studium der Mechanik und der Naturwissenschaften nur Wenigen zugänglich war und das Gewerbe innerhalb kleiner Werkstätten ausgeübt und für Jedermann geheim gehalten wurde, der die Betreibung des Gewerbes nicht zur Lebensaufgabe gemacht hatte; als die Praxis sich nur auf eine gewisse Anzahl überlieferter oder empirisch gewonnener Mittel, verbunden mit manueller Fertigkeit beschränkte, konnte dem Gewerbewesen unmöglich eine wissenschaftliche Seite abgelauscht werden. Wenn auch die Wissenschaft endlich nicht umhin konnte, Dinge zum Gegenstand der Betrachtung zu machen, welche für das wirthschaftliche Volksleben von der allerhöchsten Bedeutung waren, so konnte man doch nur von der nationalökonomischen Seite her ein wirkliches geistiges Interesse dafür empfinden, wobei noch nicht ausser Acht zu lassen ist, dass die Volkswirthschaftslehre als Wissenschaft gleichfalls nur als eine Schöpfung der neueren Zeit betrachtet werden kann. Eine jede andere Betrachtungsweise schien an der Dürftigkeit des Stoffes ein unbesiegbares Hinderniss zu finden. Alle Schriften einer früheren Zeit, gewerbliche Gegenstände betreffend, begnügen sich mit einer mehr oder minder genauen Darstellung des empirischen Verfahrens und einer trockenen Beschreibung und Aufzählung der üblichen Werkzeuge und sonstigen Handwerkseinrichtungen und Gebräuche.

2. Eine lange Zeit hindurch, bis gegen das achtzehnte Jahrhundert hin und länger noch, war die Gewerbthätigkeit in eine grosse Anzahl einzelner Werkstätten zersplittert, ohne dass irgendwo Eine sich zum Mittelpunkte vieler anderen gemacht hätte, wie das sonst bei der Thätigkeitsäusserung menschlicher Kraft wol stattzufinden pflegt. Zwar gab es der gewerbfleissigen Städte viele — Nürnberg, Augsburg, Cöln, Lübeck, Hamburg, Gent, Lüttich —, die durch regen Kunstfleiss und durch die Geschicklichkeit ihrer Arbeiter sich auszeichneten. Es betraf dies aber vielmehr das Ganze des Gewerbbetriebes, oder auch einzelner Abtheilungen desselben, als dass von einzelnen grossen Werkstätten die Rede gewesen wäre. Durch den Zunftzwang und die mit demselben im Zusammenhange stehenden Rechte und Einrichtungen war der Betrieb und der Lohn für die Arbeit unter der gewerbtreibenden Classe gleichmässig vertheilt und ein Jeder fand bei mässiger Thätigkeit sein Auskommen. Dass dies nur auf Kosten der Gesellschaft und des Gewerbstandes, als eines Theiles der Gesellschaft, möglich war, das sah man zu jener Zeit noch nicht ein, wo die Staatswirthschaftslehre kaum in ihren Uranfängen existirte. Jenes angedeutete sichere Auskommen des Gewerbmannes wirkte hemmend auf den Fortschritt aller Gewerbthätigkeit. Das zu geringe Arbeitspersonal, wie es in der damaligen Zeit fast alle Werkstätten enthielten, sogar oft nur enthalten durften, das anbefohlene Reiheumgehen des Betriebes und andere Einrichtungen, darauf berechnet, unter den Betreibern desselben Gewerbes eine gewisse Gleichheit festzuhalten, legten einer geregelten Arbeitstheilung unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg.

3. Dieser Zustand dauerte fort, bis Fabriken und Manufacturen entstanden, in denen das Princip der Arbeitstheilung befolgt wurde und jeder Einzelne ein kleineres Feld der Thätigkeit erhielt, welchem er seine ganze Körper- und Geisteskraft zuwenden konnte. Die unablässige Wiederholung einer und derselben Operation, welche ehedem durch andere unaufhörlich unterbrochen wurde, liess bald bemerken, wie Vieles nur maschinenmässige Thätigkeit war, dass die meisten Arbeiten durch die Maschine schneller, gleichmässiger und vollkommener verrichtet werden konnten, als durch die Menschenhand. So entstanden, zum grossen Theil durch den Scharfsinn der Arbeiter, zahlreiche neue Maschinen und der angewandten Mechanik eröffnete sich ein weites, bis dahin ungeahntes Feld. Zu gleicher Zeit begann man nach dem inneren Zusammenhang der einzelnen Operationen zu forschen, man fing an zu vergleichen und die erzielten glänzenden Resultate auf ihre gemeinsame Ursache zurückzuführen. Man fand, dass die Chemie, die Physik und die Mechanik im Stande seien, nicht nur die Operationen der Gewerbthätigkeit zu erklären, sondern auch die Verfahrungsarten zu vereinfachen und zu vervollkommnen, sie liessen das Ueberflüssige und Schädliche der alten Methoden erkennen und gaben Mittel an die Hand,

den Erfolg zu sichern. Von dieser Zeit an war fast jede Errungenschaft der Chemie und Mechanik zugleich ein Fortschritt für die Industrie; die Maschinen leisteten Unglaubliches, durch die verbesserten Communicationsmittel wurde die Industrie mit werthvollen und billigen Droguen versehen, welche dem verbesserten Gewerbsbetriebe zu Statten kamen, die bildenden Künste lieferten die Formen und Muster zur Schmückung der Industrieproducte, und aus dieser Durchdringung des Gewerbes mit der Wissenschaft und Kunst entstand die neue Disciplin, die Technologie, die Theorie des Gewerbewesens.

Begriff und Eintheilung der Technologie.

4. Dem Sinne des Wortes nach ist die Technologie die Erkenntniss der Künste (τέχνη λόγος). In dieser allgemeinsten Bedeutung würde die Technologie der Inbegriff aller denkbaren materiellen Fertigkeiten sein. Um ein begrenzteres Gebiet zu erlangen, pflegt man zur Technologie nur jene Kunstfertigkeiten zu rechnen, welche Gegenstand dauernder Beschäftigung oder wirklichen Erwerbs sind oder werden können, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, welche wie Malerei, Bildhauerkunst und überhaupt die künstlerische Thätigkeit im engeren Sinne vorzugsweise zur Befriedigung des ästhetischen Gefühles zu dienen bestimmt sind oder zahlreicher solcher Gewerbe (Handwerke), welche die von dem technologischen Gewerbe zubereiteten Stoffe zu fertigen Artikeln für den unmittelbaren Gebrauch der Consumenten verarbeiten. In diesem Sinne wird die Technologie zur Gewerbelehre oder Gewerbekunde. Die Begriffe Technologie und Gewerbelehre sind aber keineswegs identisch. Von der Technologie sind alle Gewerbe auszuschliessen, welche nicht die Bearbeitung der Rohmaterialien zum Zwecke haben. Dadurch trennen sich Bergbau, Forst- und Landwirthschaft und Handel ab, welche als producirende und umsetzende (vertheilende) Gewerbe in das Gebiet der Gewerbelehre, nicht aber in das der Technologie gehören.

Die Technologie ist keine selbständige Wissenschaft mit eigenthümlichen Principien, sondern nur eine Anwendung der Grundsätze und Erfahrungssätze der Chemie, Physik und Mechanik auf Verarbeitung der Rohmaterialien zu Gegenständen des physischen Gebrauches. Sie ist demnach praktische Naturwissenschaft und hat den Zweck, die technisch-industrielle Thätigkeit auf ihre naturwissenschaftlichen Grundsätze zurückzuführen und zu lehren, auf welche Weise dieselbe zum Vortheil der sittlichen Menschheit zu verwenden und auszubeuten sei.

5. Die selbständigsten und wichtigsten Quellen des Nationalreichthums für jeden Staat sind 1) der Bergbau, 2) die Landwirthschaft, 3) die Forstwirthschaft. Der Bergbau im weiteren Sinne des Wortes fördert die Metalle, die Steinkohlen, das Salz, die

Baumaterialien etc. zu Tage, die Landwirthschaft liefert durch ihre Hauptzweige, den Ackerbau, den Gartenbau, die Obst- und Weinkultur und die Viehzucht, Nahrungs- und Kleidungsstoffe und endlich die Forstwirthschaft den Holzbedarf. Die technologischen (oder die veredelnden) Gewerbe sind dazu bestimmt, die Erzeugnisse des Bergbaues, der Land- und der Forstwirthschaft in Producte, Fabrikate und Waaren umzuwandeln.

Durch diese Verarbeitung der Rohstoffe, die entweder Naturproducte, wie sie die Urproduction liefert, oder schon Fabrikate (aus den Hüttenwerken, chemischen Fabriken, Sägereien, Spinnereien, Webereien, Gerbereien etc.) sein können, wird entweder nur deren Form oder deren innerliche Körperlichkeit (Substanz, Materie) verändert. Je nachdem nun das Eine oder das Andere vorzugsweise geschieht, zerfallen die sämmtlichen Gewerbe, deren Wesen uns die Technologie lehrt, in mechanische und chemische Gewerbe. Man pflegt deshalb auch die Technologie in mechanische und chemische Technologie einzutheilen.

Die mechanische Technologie umfasst diejenigen Gewerbe, durch welche der Rohstoff nur seiner Form nach verändert wird, seiner Natur, d. h. seiner chemischen Zusammensetzung nach aber dasselbe bleibt; sie betrachtet z. B. die Umwandelung des Schmiedeeisens in Schienen, Blech und Draht, die des Roheisens in Eisenguss und in Stahl, die des Bleies in Schrot, die einer Legirung von Kupfer und Silber in Münzen und Gefässe; die Verarbeitung des Holzes zu Schreiner- und Drechslerarbeiten, die der Baumwolle, Wolle und Seide, des Flachses und des Hanfes zu Gespinnsten, Wirkwaaren und Geweben; die Papierfabrikation u. s. w. In der mechanischen Technologie spielt das Werkzeug und die Maschine eine Hauptrolle.

Die chemische Technologie betrachtet dagegen jene Gewerbe, durch welche der Rohstoff seiner Natur und deshalb auch seiner Form nach verändert wird, wie es der Fall ist bei der Ausscheidung der Metalle aus ihren Erzen; der Ueberführung des Roheisens in geschmeidiges Eisen oder Schmiedeeisen, der des letzteren in Stahl; der Umwandelung des Bleies in Bleiweiss, Bleizucker, Bleiglätte; des Kupfers in Grünspan und Vitriol; des Oeles und Fettes in Seife mit Hilfe von Soda; der Holzfaser und des Stärkemehles in Zucker und Weingeist; des Weingeistes in Essig; der Gewinnung des Leuchtgases, der Holzkohle, des Theeres und der Theerfarben, der Koks aus dem Holze und den Steinkohlen; des Paraffins und des Solaröles aus den Braunkohlen, der schwefelsauren Thonerde aus dem Kryolith und Bauxit, der Potasche aus dem Carnallit und dem Kelp, der Soda aus dem Steinsalz etc.

In den meisten Fällen ist die Bearbeitung des Rohmaterials mechanisch und chemisch zugleich, wie z. B. in der Glasfabrikation, in welcher man Kieselerde (Quarz) mit Alkalisalzen (Potasche, Soda, Glaubersalz) und Kalk oder Thon zu einer chemischen Verbindung, der Glasmasse

zusammenschmilzt und diese Masse zu Gefässen und Tafeln verarbeitet; in der Fabrikation der Stearinkerzen, wobei die Ueberführung der Fettsubstanz (Talg oder Palmöl) in Kalkseife und die Zersetzung derselben durch Schwefelsäure nach chemischen Grundsätzen, die Ueberführung der aus der Kalkseife ausgeschiedenen Stearinsäure (Palmitinsäure) in Kerzenform rein mechanisch geschieht. Aehnliches gilt von der Stärkemehlfabrikation und der Gerberei, zum grossen Theile auch von den Operationen der Färberei und Zeugdruckerei. Die Keramik (d. i. die Technologie der Thonwaaren) wird, obgleich bei ihr die mechanische Arbeit und das kunstgewerbliche Element prädominirt, doch meist den chemischen Gewerben beigezählt. Die Lehre von den Brennstoffen und den Feuerungsanlagen (d. i. die Pyrotechnik) bildet einen wichtigen und integrirenden Theil der chemischen Technologie.

In einzelnen seltenen Fällen kommt endlich auch noch ein physiologisches Moment in Betracht, so unter andern in der Bierbrauerei und Branntweinbrennerei die Herstellung des Malzes durch die erwachende Lebensthätigkeit und die beginnende Entwickelung des Keimes des Gerstenkornes.

Da eine strenge Sichtung der mechanischen Gewerbe von den chemischen kaum ausführbar ist, so sucht man dieselbe zu umgehen und versteht unter mechanischer Technologie diejenigen Gewerbe, die überwiegend auf mechanische, und unter chemischer Technologie solche, die ebenso auf chemische Principien basirt sind.

6. Hinsichtlich der wissenschaftlichen Behandlung der Technologie weichen die Schriftsteller, je nach dem Zweck, den sie durch Herausgabe von technologischen Lehr- und Handbüchern zu erreichen beabsichtigen, wesentlich von einander ab. Die Einen, die empirischen Technologen, begnügen sich mit dem Protokolliren des Verfahrens und der trocknen Beschreibung der Werkzeuge. Eine solche Behandlungsweise der Technologie mochte wol zu einer Zeit, wo es schon verdienstlich war, zu technologischen Studien nur anzuregen, ihre Berechtigung haben; in der gegenwärtigen Zeit ist sie dagegen mit dem Standpunkte der Naturwissenschaften und der Mechanik im Widerspruche. Andere geben neben der Schilderung der einzelnen Operationen eines Gewerbes auch die wissenschaftliche Erklärung derselben; dies ist die rationelle Darstellung der Technologie. Endlich kann auch die Technologie speciell oder allgemein vorgetragen werden. Die specielle Technologie, die älteste und gewöhnlichste, beschreibt in logischer Aufeinanderfolge die zur Erzeugung eines bestimmten Productes erforderlichen Operationen und wählt dabei die Abtheilungen entweder nach den Rohmaterialien (Verarbeitung der Seide, der Baumwolle, der Wolle, des Stärkemehls, der Thierhäute, des Holzes, des Eisens), oder nach den Erzeugnissen (Bierbrauerei, Bleiweissfabrikation, Seifensiederei, Baumwollgarnspinnerei, Eisengiesserei, Blechfabrikation, Draht-

zieherei, Lederfabrikation), oder endlich nach den verschiedenen Gewerben und Fabrikationen (Schreinergewerbe, Schlossergewerbe); letztere Methode erscheint zu einer rationellen Darstellung der Technologie meist ungeeignet, indem dieselbe zwar gelungene Schilderungen der einzelnen Gewerbe, aber kein wahres Bild vom inneren Zusammenhang der einzelnen Operationen liefern kann. Die allgemeine oder besser gesagt die vergleichende Technologie, von dem Begründer der Technologie Johann Beckmann 1777 schon geahnt, von Poppe zuerst bearbeitet und von Prechtl, Altmütter und hauptsächlich von Karmarsch ausgebildet, ordnet den Stoff nach der Gleichheit oder Aehnlichkeit der Verfahrungsarten, Werkzeuge und Maschinen an, ohne Rücksicht darauf zu nehmen, welchem Industriezweige sie angehören; sie fasst z. B. zusammen die Mittel zum Zusammenfügen der Metalle und Holzarbeiten (Löthen, Nieten, Schweissen, Leimen), zur Verschönerung und Verzierung der Metallarbeiten (Schleifen, Poliren, Guillochiren, Vergolden und Versilbern, Firnissen und Lackiren), die Giesserei (Eisen-, Kanonen-, Glocken-, Kunstgiesserei, Schrotfabrikation, Galvanoplastik), die Drahtfabrikation (Eisen-, Messing- und Tombakdraht, leonischer Draht) etc.

In vorliegendem Werke schliesst sich die Darstellung an die specielle Technologie an, bei welcher meist die Art der Erzeugnisse als Eintheilungsmodus gilt.

Hilfsmittel beim Studium der Technologie.

7. Unentbehrliche Hilfswissenschaften des Technologen sind zunächst ohne Zweifel Naturgeschichte, Chemie, Physik und Mechanik. Insofern die technologischen Gewerbe die Umgestaltung (oder Veredelung) der Naturproducte zum Zweck haben, ist es wünschenswerth, dass Derjenige, der sich Einsicht in die Erscheinungen der praktischen Ausführung verschaffen will, vorerst die Eigenschaften dieser Körper, die verschiedenen Naturkräfte und die Gesetze, nach denen sie wirken, kennen lerne, und diese Kenntnisse verschaffen uns genannte Wissenschaften. Die Umgestaltung der Naturproducte bedingt einen grösseren oder geringeren Aufwand an Arbeit und Kräften und Materialien. Die technischen Gewerbe sollen demnach die Naturproducte nicht blos dergestalt umwandeln, dass sie zur Befriedigung unserer Bedürfnisse brauchbarer sind, sie sollen auch diesen Producten durch die Umgestaltung einen höheren Werth ertheilen und zwar einen Mehrwerth, welcher im ungünstigsten Falle den mit der Umgestaltung verbundenen Aufwand compensirt. Der Technolog muss deshalb wissen, aus welchen Elementen der Preis der Waaren sich bilde und auf welcher Basis der Handel oder Tauschverkehr ruht. Nur dadurch ist er im Stande, die wohlthätige Einwirkung der Theilung der Arbeit, der Anwendung von Maschinen,

der Einführung von Erfindungen und Entdeckungen, sowie den nachtheiligen Einfluss von Prohibitivsystemen, Zunftbeschränkungen, die Bedeutung des Patentwesens und die Tragweite von internationalen Handelsverträgen etc. auf die Entwickelung der Industrie zu würdigen. Untersuchungen dieser Art gehören aber einer besonderen Wissenschaft, der Volkswirthschaftslehre an, welche daher ebenfalls zu den unentbehrlichen Hilfswissenschaften der Technologie zu rechnen ist.

Unter den Hilfsmitteln, deren man sich zur Erwerbung technologischer Kenntnisse bedient, steht oben an der Unterricht in seinen drei Hauptgestalten, der Literatur, den Vorlesungen und der praktischen Anschauung. Die technologische Literatur, an Reichhaltigkeit die Literatur anderer Wissenschaften weit hinter sich lassend, ist, namentlich was die ältere Literatur, worunter die bis zum Jahre 1840 erschienene verstanden sei, betrifft, nur mit Auswahl zu gebrauchen; sie bietet Vorzügliches und Mittelmässiges von allen Zeiten dem Urtheile des erfahrenen Lesers und des Anfängers. Selbststudium der Technologie ist nur möglich mit Literatur, dabei aber nicht ohne praktische Anschauung. In den Vorlesungen sucht der Lehrer seine Zuhörer auf seinen eigenen Uebersichtsstandpunkt zu stellen. Bei der auf unseren Hochschulen den technologischen Wissenschaften so spärlich zugetheilten Zeit ist es nicht wol ausführbar, dass die Technologie in anderer als in encyclopädischer Weise vorgetragen werde. Am nächsten liegt das Bedürfniss der Technologie dem Cameralisten, dem künftigen Verwaltungsbeamten. Die industrielle Thätigkeit der Völker, ganz und gar von der technischen Bildung derselben abhängig, ist so umfassend für die Gestaltung der Gegenwart und Zukunft, dass Verwaltungsbeamte ohne technologische Kenntnisse sich nur schwierig in das Gewerbewesen betreffende Fragen zurechtfinden werden. Auch der Jurist bedarf technologischer Kenntnisse. Bei dem unübersehbaren Einflusse der Technik auf das Leben wird auf der einen Seite die Gesetzgebung immer mehr und mehr von der abstract schematisirenden Form abgehen und zu einer Berücksichtigung der Eigenthümlichkeiten industrieller Thätigkeit (Patentwesen, Musterschutz) sich herbeilassen müssen, auf der anderen Seite beziehen sich die Rechtsstreitigkeiten, so wie die Fragen der hohen Politik immer mehr auf diese industriellen Verhältnisse. Der Mediciner hat eine besondere Aufforderung zum technologischen Studium dadurch, dass alle Menschen mit ihrem Gesundheitszustande in directer oder indirecter Abhängigkeit von der technischen Betriebsamkeit stehen. Nicht nur wird das Wohlbefinden des Technikers von der Beschaffenheit der Stoffe, mit denen er umgeht, und von der Art und Weise, wie er mit diesen Stoffen zu verkehren hat, bedingt, sondern auch die Producte der Industrie sind die steten Begleiter aller Menschen durch das Leben und machen ihren nimmer ruhenden Einfluss auf deren Gesundheit geltend. Es ist endlich unbezweifelt, dass hand-

werksmässige Rohheit und Trägheit in allen Volksschichten durch technologischen Unterricht überwunden werde.

Die praktische Anschauung der Rohproducte, der Darstellungsmethoden in Werkstätten und Fabriken, der fertigen Erzeugnisse in Sammlungen und auf Industrieausstellungen sind ebenso wie Zeichnungen, Wandtafeln, Modelle u. dergl. mächtige Hilfsmittel zum Studium der Technologie.

Werkzeug und Maschine.

8. Zur Umgestaltung und Veredelung der Rohproducte dienen Werkzeuge und Maschinen. Beide lassen sich in ihrem Begriffe nicht mit logischer Schärfe bestimmen, ebenso wie sich zwischen beiden keine bestimmte Grenze ziehen lässt. Ein unterscheidendes Merkmal lässt sich darin finden, dass bei der Maschine die bewegende Kraft meist nicht unmittelbar vom menschlichen Körper ausgeht, während das Werkzeug nur einen zweckmässigen Ersatz für einzelne menschliche Gliedmaassen bilden soll. Die Wirkung einer Zange ist der der Finger ähnlich, der Löffel wirkt ähnlich der hohlen Hand, der Blasebalg lässt sich als eine kräftige Lunge, der Hammer als eine harte unempfindliche Faust betrachten. Im Allgemeinen sind die Werkzeuge älter als die Maschinen. Wenn bei der Anwendung von Werkzeugen die Menschenkraft eine Hauptrolle spielt, so bei den Maschinen das Kapital. Die Maschine lässt sich als das Werkzeug der Fabrikindustrie betrachten. Wo auf der einen Seite die Maschine, auf der anderen Seite die Menschenhand und das Werkzeug mit einander zu concurriren haben, da ist die Ueberlegenheit der Maschinen ohne allen Zweifel. Der Hauptzweck aller Maschinen ist Unterstützung und Ersparung an Menschenkraft, ein fernerer Zweck Erhöhung der Arbeitsleistung, der Qualität und der Wohlfeilheit der Arbeit. Die Maschinen leisten Dienste, welche überhaupt für die Menschenhand unausführbar sind, so z. B. die Arbeiten der Guillochirmaschinen, Theilmaschinen, Reliefcopirmaschinen, der Kesselblechwalzwerke, des Krupp'schen Dampfhammers etc. Auch die Schnelligkeit, mit welcher die Maschinen arbeiten, ist bei weitem nicht zu erreichen, sobald die Arbeit durch Menschen- oder Thierkraft ausgeführt werden soll. Man denke nur an die Einführung der Maschinenkraft für die Arbeitsleistungen des Transports auf den Eisenbahnen. Die Courierzüge legen die deutsche Meile von 24,000 Fuss in ungefähr 7,7 Minuten, d. h. mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 52 Fuss pro Sekunde zurück. Ein Courierzug (mit 25 Axen) wiegt im Durchschnitte 2000 Ctr. Sollte diese Last mit Pferden auf ziemlich horizontaler Chaussée transportirt werden, so würden bei der Annahme, dass bei einer Fahrgeschwindigkeit von 4 Fuss pro Sekunde

115 Centner auf 2 Pferde,
250 „ „ 4 „
350 „ „ 6 „

kommen, zum Fortschaffen der erwähnten 2000 Ctr. Last 17 Zweigespanne nöthig sein, welche aber die 13fache Zeit (d. i. $\frac{52}{4} = 13$) in Anspruch nehmen. Die Spindeln der Flyers in der Baumwollspinnerei laufen in der Minute 5000—6000 mal, die Röhrchen in der Röhrenmaschine (einer Vorspinnmaschine) drehen sich 10 bis 12,000 mal in der Minute, die Schläger in der Putzmaschine, die zum Auflockern der rohen Baumwolle dient, machen bis zu 1900 Umläufe in der Minute, was einer Peripheriegeschwindigkeit von 150 Fuss in der Sekunde entspricht.

In dem Continuirlichen der Maschinenarbeit, in der unterbrechungslosen Ausdauer, wodurch eine weit grössere Gleichmässigkeit erzielt werden kann, liegt ein wichtiger Factor für die Beurtheilung der durch Maschinen geleisteten Arbeit. Die Maschinen betrügen auch nicht. Ferner liefern sie ein weit grösseres Arbeitsquantum. Die ältere Buchdruckhandpresse gab 120 bis 130 Abdrücke per Stunde; heutzutage liefern die Druckmaschinen mit cylindrischer Form (und 10 Druck- und eben so viel Farbewalzen) in der Stunde 20—25,000 Abdrücke und selbst bei einer so ungeheueren Leistung erklärt sich die Maschinenmechanik noch nicht für erschöpft, wenigstens machte der englische Schnellpressenbauer Applegath sich anheischig, eine Maschine zu stündlich 40,000 Drucken zu liefern, sobald eine derartige Bestellung ihm zukäme. In dem Kattundruck liefert eine Walzendruckmaschine mit 2 Arbeitern und 1 Knaben das nämliche Arbeitsquantum wie 200 Männer und 200 Knaben mit gewöhnlichem Handdruck. Eine gute Nähmaschine macht bis zu 300 Stiche in der Minute, eine Näherin aber nur höchstens 50, mithin 6 mal weniger. In der Tuchfabrikation kann ein Arbeiter mit Benutzung der Handscheere nicht mehr als 4,5 Quadratellen per Stunde scheeren, bei Anwendung der Cylinderscheermaschine wird dagegen das 13fache Arbeitsquantum geleistet, wenn die Maschine eine Transversalscheermaschine ist, dagegen das 125fache, wenn man sich einer Longitudinalscheermaschine bedient. Ein Cigarrenarbeiter stellt in 12 Stunden 1000 bis 1200 Wickel her, eine Cigarrenmaschine 15—18,000.

Nicht selten wird behauptet, die Producte der Maschinenarbeit seien bei schönerem Aussehen doch minder haltbar als die Producte der Handarbeit. Aber abgesehen davon, dass ein technologischer Grund nicht vorliegt, weshalb die Maschine im Allgemeinen Producte von geringerer Qualität als die Hand liefern sollte, ist auch die Behauptung nur in solchen Fällen gerecht, wo das Product eine Folge ist verschiedener und unter sich unähnlicher Bewegungen und nicht eine Wieder-

holung derselben Operation. In allen anderen Fällen tritt das Uebergewicht in der Qualität der Maschinenarbeit augenfällig hervor. Wie ungleichmässig ist z. B. die so viel gerühmte Handleinwand, wo vielleicht zu dem nämlichen Stücke die Garnsorten aus drei, vier verschiedenen Häusern gebraucht, und dessen Gewebe später bald von einem kräftigen Manne, bald einem schwachen Weibe, bald von dem abgelebten Grossvater hergestellt wurde. Jeder verschiedene Schlag mit der Lade des Webstuhls macht das Zeug verschieden.

Die Maschinen arbeiten ferner regelmässig wohlfeiler als die Menschenhände. Der englische Tüll oder Bobbinet kostet gegenwärtig nach der Erfindung der Bobbinetmaschine nur noch $^1/_{50}$ von dem, was er früher kostete. Die Arbeiten mit den sogenannten Werkzeugmaschinen zum Ausbohren von Cylindern aus Metall, das Hobeln, das Schneiden von Schrauben u. dergl. kosten jetzt 2 bis 3 mal weniger als früher, wo sie mit Handwerkzeug ausgeführt werden mussten, und werden besser und weit schneller vollbracht. Die Wohlfeilheit der Maschinenarbeit ist in vielen Fällen eine Folge der Anwendung des Principes der Theilung der Arbeit. Es ist hier nicht der Ort, die socialen Wirkungen des Maschinenwesens zu besprechen, doch sei auf die notorische und sofortige Wirkung der Einführung einer zweckmässig construirten Maschine auf dem Felde der Gewerbsthätigkeit verwiesen: Hunderte von Händen, welche vordem durch ihre Arbeit Verdienst gewannen, stellt die Maschine augenblicklich in Ruhe, um bald Tausenden wieder Arbeit zu verschaffen, nur dass diese Tausende von neu beschäftigten Arbeitern auf einige Umbildungen in ihrer Werkarbeit eingehen müssen.

Eintheilung der Maschinen.

9. Die mechanischen Vorrichtungen, welche das Gebiet des Maschinenwesens ausmachen, zerfallen in drei bestimmt geschiedene Abtheilungen, wovon die eine zur unmittelbaren Aufnahme der bewegenden Kraft dient, die andere bewirkt die Fortpflanzung und Richtungsveränderung, meist auch die Regulirung der Kraft, und die dritte endlich leistet die Arbeit, d. h. sie bringt eine verlangte Form- oder Ortsveränderung der Körper hervor.

Man bezeichnet diese drei Haupttheile mit den Namen:

1) Vordermaschinen (Kraft aufnehmende Maschinen, Kraftmaschinen oder Motoren, Bewegungsmaschinen, Recepteurs), welche wiederum zerfallen in

α) Maschinen zur Aufnahme von Muskelkraft wie Hebel, Wellräder, Göpel, Lauf- und Tritträder, Tretscheiben;

β) Maschinen zur Aufnahme von Elementarkräften wie Wasserräder (vertikale und horizontale), Windräder, Dampfmaschinen, calo-

rische Maschinen, Gasmaschinen, elektromagnetische Maschinen, Maschinen, bei denen Gewichte und Federn wirken.

2) Zwischenmaschinen (Transmissionen, Verbindungsmaschinen, Kraft fortpflanzende Maschinen), welche zur Uebertragung und Modification der von Motoren eingepflanzten Bewegungen dienen; sie lassen sich unterscheiden als

α) Maschinen, wobei die Art der Bewegung dieselbe bleibt wie Kolben, Räderwerke, Hebel, Gestänge, Seile, Riemen, Rollen, Ketten;

β) Maschinen, bei welchen die Art der Bewegung verändert wird wie Balancier- und Kurbelstangen, Zahnstangen, Scheiben, Sperrzeuge;

γ) Maschinen oder mechanische Vorrichtungen, welche zur Regulirung der Bewegung dienen wie Centrifugalpendel, Schwungräder, Windfänge, Bremsen, Gegengewichte, Windkessel etc.

3) Hintermaschinen (Arbeitsmaschinen, Kraft ausübende Maschinen), welche die von einer Vordermaschine ausgegangene, durch Zwischenmaschinen nach Bedürfniss abgeänderte Kraft direct zur Erreichung eines bestimmten mechanischen Erfolges (= Arbeit) wirksam machen. Je nachdem die Arbeit eine Orts- oder eine Formveränderung bezweckt, zerfallen die Arbeitsmaschinen in Transport- und in Fabrikationsmaschinen.

α) Die Transportmaschinen, welche eine Ortsveränderung der Körper zum Zweck haben, beziehen sich entweder auf feste Körper wie Krahne, Winden, Rammen, Aufzüge, Fuhrwerke aller Art, Dampfboote und Pflüge, oder auf flüssige wie Pumpen und andere Wasserhebmaschinen, oder endlich auf gasförmige wie Gebläse, Exhaustoren und Luftpumpen;

β) die Fabrikationsmaschinen bewirken eine Formveränderung der Körpertheile durch Druck oder Stoss (Hammer, Walzwerke), theils durch Zerkleinerung (Mahl- und Stampfwerke, Reibmaschinen), durch Hinwegnehmen einzelner Theile von Körpern (Drehbänke, Hobel- und Bohrmaschinen), durch Verbindung getrennter Körper (Spinn-, Webe-, Näh-, Druck- und Papiermaschinen). Diese Art von Maschinen wird auch zuweilen eingetheilt in Werkzeugmaschinen, welche anstatt der sonst gebräuchlichen Handwerkzeuge zur Verrichtung allgemeiner Arbeit Anwendung finden wie die Säge-, Bohr-, Hobel- und Feilmaschine, so wie die Drehbank, und in Fabrikationsmaschinen im engeren Sinne, deren Construction und Wirkungsart auf die Erzeugung eines bestimmten Productes berechnet ist; hierher gehören die Spinn- und Webemaschinen, die Papiermaschine, die Münzmaschine etc.

Eine dritte Abtheilung von Hintermaschinen bilden

γ) die Maschinen zum Zählen und Messen, zu welchen alle Arten von Uhren, Dynamometer, Wagen, Rechenmaschinen, Wasser- und Gasmesser, Theilmaschinen u. s. w. gehören.

Eine Maschine kann nur Arbeit leisten oder Kraft abgeben und übertragen, wenn sie solche vorher empfangen hat, und es kann die abgegebene (oder geleistete) Arbeit nie eine grössere sein als die empfangene, wohl aber ist dieselbe immer eine geringere, da ein Theil der Kraft zur Ueberwindung der Widerstände verbraucht wird. Es bedarf daher einer continuirlichen Bewegungsquelle, um den Verlust an Kraft zu ersetzen, wenn eine Maschine sich fortbewegen soll. Der Zweck einer Maschine ist also nie eine Production oder Vergrösserung von Kraft, sondern nur eine Umwandlung der zum Betriebe aufgewendeten Arbeit in eine industrielle Leistung und zwar, wie A. v. Burg treffend bemerkt, eine mit (zuweilen hohem) Agio bezahlte Umwandelung. Früher war man der Ansicht, die zur Ueberwindung der Reibung verbrauchte Kraft sei einfach verloren gegangen; gegenwärtig aber kennt man die calorische Aequivalenz der Arbeit (oder die mechanische Aequivalenz der Wärme) und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und weiss, dass in allen Fällen, wo Kraft consumirt wird ohne entsprechende Arbeitsleistung, eine Umsetzung der Kraft in Wärme (oder in Elektricität) vor sich gegangen ist. Die Function der Schmiermittel bei den Maschinen ist bekanntlich die Reibung möglichst zu verhindern, d. h. zu bewirken, dass nur ein möglichst kleiner Procentsatz der angewendeten Kraft in Wärme umgesetzt werde.

Handwerk und Fabrik[1]).

10. Fabriken werden diejenigen gewerblichen Etablissements genannt, in denen durch Menschenhand oder durch dieselbe ersetzende Maschinen Rohstoffe in Industrieproducte übergeführt werden. Die Fabrik ist für die heutige Industrie eben so charakteristisch, wie das Handwerk für das Mittelalter, denn selbst das Handwerk trachtet gegenwärtig nach Fabrikähnlichkeit, während die Fabriken einer früheren Zeit ihren Handwerkscharakter nicht zu verläugnen vermochten. Der Handwerker arbeitet in der Regel im Kleinen und auf Bestellung, die Fabrik zeichnet sich dagegen durch grosse, meist auf Vorrath berechnete Production, durch Anwendung des Principes der Theilung der Arbeit und eine von den Fesseln des Zunftzwanges freie Bewegung aus.

Die sociale Stellung der beiderseitigen Genossen in der Fabrik und in dem Kleingewerbe ist eine gänzlich verschiedene. Bei letzterem sind die Zusammenarbeitenden von gleichem Stande. Der Meister selbst war einst Gesell und Lehrling. Was der Meister ist, das kann der Lehrling,

---

1) Vergl. W. Roscher, Die grosse und die kleine Industrie; Gegenwart, Leipzig 1855 p. 688—739; K. H. Rau, Grundsätze der Volkswirthschaftslehre, Leipzig u. Heidelberg 1855 p. 511; H. A. Mascher, Das deutsche Gewerbswesen, Potsdam 1866.

kann der Gesell mit der Zeit auch werden. Darin liegt ein mächtiger Sporn und Zügel zur Sittlichkeit. Der Fabrikant dagegen steht hoch über seinen Arbeitern; was er ist, das können die Arbeiter nur ausnahmsweise werden. Zwischen der Fabrik und dem Kleingewerbe liegt die für den Handel arbeitende Hausindustrie, oder wie sie neuerdings genannt wird, die Manufactur[1]). Sie geht in vielen Fällen aus einem Nebengewerbe des Landmannes hervor. In Deutschland bildet der Spinner und der Weber eines der gewöhnlichsten Beispiele der Hausindustrie. An vielen Orten hat sich aus der Hausindustrie der grosse Fabrikbetrieb entwickelt. Wo Fabrik und Manufactur auf gleichem Gebiete concurriren, wird stets die erstere Siegerin bleiben. Wer abwechselnd webt und den Acker baut, wird nie die Virtuosität des Arbeiters erreichen, der sich einem dieser Geschäfte allein widmet.

Der Fabrikbetrieb nimmt immer mehr und mehr überhand und bemächtigt sich nach und nach eines grossen Theiles der kleineren Industrie, da er nur dort nicht anzuwenden ist, wo es sich um eine gewisse Individualisirung des einzelnen Stückes oder um äusserste Vollendung der einzelnen Theile handelt, wie bei Schneider- und Schuhmacherarbeit, obgleich auch hier die modernen Kleider- und Schuhmagazine durch dargebotene grosse Auswahl fertiger Producte den handwerksmässigen Vortheil der persönlichen Bestellung mit dem fabrikmässigen des Arbeitens auf Vorrath in Verbindung gebracht haben. Die Reparaturgewerbe (Uhrmacher, Büchsenschäfter) werden trotz aller Fabriken immer nöthig bleiben, ebenso die Gewerbe des localen Anbringens (Glaser, Schlosser, Ofensetzer), zum Theil auch solche Gewerbe, welche der täglichen Consumtion anheimfallende, vergängliche Nahrungsmittel liefern (Bäcker, Metzger). Obgleich die Maurer- und Zimmermannsarbeiten stets dem Handwerk verbleiben werden, so suchen doch die Meister durch Besitz von Capital und durch Speculation eine grosse Anzahl von Gesellen und Handlangern zu beschäftigen, so dass das Ganze immer mehr und mehr einen fabrikähnlichen Charakter annimmt.

1) Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch sind die Worte Fabrik und Manufactur gleichbedeutend. In früherer Zeit wurde der Name Fabrik nur allein zur Bezeichnung jener gewerblichen Anstalten gebraucht, die sich bei ihren Arbeiten des Feuers und des Hammers bedienen, dagegen man Manufacturen diejenigen nannte, wo dieses nicht der Fall war. In England nennt man Fabriken und Manufacturen manufactures.

Literatur.

11. Als einige der wichtigsten Bücher zum Studium der Technologie im Allgemeinen mögen folgende genannt werden:

Poppe, Geschichte der Technologie, II Bde., Göttingen 1807—1810;
Donndorf, Geschichte der Erfindungen, VI Bde., Quedlinburg 1817—1820;
Busch, Handbuch der Erfindungen, XII Bde., Eisenach 1802—22;
Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen, V Bde., Leipzig 1784 bis 1805;
Beckmann, Anleitung zur Technologie, Göttingen 1809;
Poppe, Handbuch der Technologie, Frankfurt a. M. 1806—10;
Poppe, Lehrbuch der allgem. Technologie, Frankfurt 1809;
Poppe, Lehrbuch der speciellen Technologie, Tübingen 1819;
Poppe, Technolog. Lexicon, Tübingen 1815—20;
Jacobson, Technolog. Wörterbuch, von Hartwig, VIII Bde., Berlin 1781 bis 1784;
Dictionnaire technologique, Tomes XX, Paris 1822—32;
O. Spamer, Buch der Erfindungen, 5. Aufl., Leipzig u. Berlin 1864;
K. Karmarsch, Handbuch der mechan. Technologie, 4. Aufl. 2 Bde. Hannover 1866 und 67;
F. Knapp, Lehrbuch der chem. Technologie, 2 Bde., Braunschweig 1866;
Schubarth, Handbuch der techn. Chemie und chem. Technologie, 4. Aufl., 3 Bde., Berlin 1851;
J. R. Wagner, Die chem. Technologie, 6. Aufl., Leipzig 1865;
Gottlieb, Taschenbuch der chem. Technologie, Leipzig 1852;
Bernoulli, Handbuch der Technologie, 2. Aufl., 2 Bde., Basel 1840;
Hermbstädt, Grundriss der Technologie. 2. Aufl., 2 Bde., Berlin 1830;
Hermbstädt, Compendium der Technologie, 2. Aufl., Berlin 1855;
Rüst, Die mechan. Technologie, 4 Bde., Berlin 1838;
F. Stohmann, Encyclopäd. Handbuch der technischen Chemie, 2. Aufl., 4 Bde., Braunschweig 1865;
P. Bolley, Handbuch der chem. Technologie (unter Mitwirkung von C. Stölzel, H. Fleck, Ph. Schwarzenberg, W. Stein, G. Wiedemann u. A.), 8 Bde., Braunschweig 1862—67;
J. J. Pohl, Lehrbuch der chem. Technologie, Wien 1865;
Payen, Gewerbschemie, bearbeitet von Dr. v. Fehling, 2. Aufl., Stuttg. 1852;
Otto und Siemens, Landwirthschaftl. Gewerbe, 5. Aufl., Braunschweig 1860 bis 1862;

Karmarsch und Heeren, Techn. Wörterbuch, 3 Bde., 2. Aufl., Prag 1854 bis 1857;
J. J. Prechtl, Technol. Encyclopädie oder alphab. Handbuch der Technologie, der techn. Chemie und des Maschinenwesens, Bd. 1—20, Wien 1830 bis 1855; dazu Supplemente herausgegeben von Karmarsch, (bis jetzt) 4 Bde., Stuttgart 1857—65;
M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, 2 Bde., Braunschweig 1862—65;
W. Roscher, Studien über die Naturgesetze, welche den zweckmässigen Standort der Industriezweige bestimmen, Deutsche Vierteljahrschrift, 1865, 2. Heft p. 139—202;
J. Duma's, Handbuch der angewandten Chemie; aus dem Französischen von Alex. Engelhart und Buchner, 8 Bde., Nürnberg 1832—1850;
Stephan Edler von Kees, Darstellung des Fabriks- und Gewerbswesens im österreich. Kaiserstaate, 2. Aufl., 3 Bde., Wien 1824 und Derselbe, Systematische Darstellung der neuesten Fortschriite in den Gewerben und Manufacturen u. s. w. Als Fortsetzung und Ergänzung des vorhergehenden Werkes, 2 Bde., Wien 1829. (Beide Werke gehören zu den reichsten und zuverlässigsten Quellen der Technologie und Waarenkunde.)

Unter den Berichten über die Industrieausstellungen sind für das Studium der Technologie besonders wichtig:

Deutsche Gewerbe-Ausstellung in Berlin, amtlicher Bericht darüber, redigirt vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. v. Viebahn, 3 Bde., Berlin 1845;
Wiener Industrie-Ausstellung im Jahre 1845, Bericht über dieselbe, Wien 1846;
Industrie-Ausstellung aller Völker zu London im Jahre 1851, amtlicher Bericht, redigirt vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. v. Viebahn, 3 Bde., Berlin 1852;
Münchener Ausstellung im Jahre 1854, Bericht der Beurtheilungs-Commission, herausgegeben vom Staatsrath Dr. Fr. B. W. v. Hermann, München 1855;
Pariser Ausstellung im Jahre 1855, amtlicher Bericht über dieselbe, herausgegeben vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. v. Viebahn und Professor Schubarth, Berlin 1856.
Amtl. Bericht über die Industrie- und Kunstausstellung zu London im Jahre 1862, erstattet von den Commissarien der Zollvereinsregierungen; 3 Bde.; Berlin 1863—65;
Oesterreichischer Bericht über die internationale Ausstellung in London 1862; herausgegeben von D. J. Arenstein; Wien 1863.

Periodische Schriften:

Schweizerische polytechn. Zeitschrift, herausgegeben von P. Bolley und J. H. Kronauer, Winterthur;
Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover, redigirt von M. Rühlmann und Heeren, Hannover;
Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen, redigirt von Reuleaux, Berlin;
Bayerisches Kunst- und Gewerbeblatt, redigirt von Dr. Kaiser, München;
Polytechnisches Journal von Dingler, Augsburg 1820—1867;
Polytechnisches Centralblatt, redigirt von Schnedermann und Böttcher, Leipzig;
Polytechnisches Notizblatt, redigirt von Prof. Dr. Böttger, Mainz;
Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie, herausgegeben von J. R. Wagner, 1.—12. Jahrgang 1855—66; Leipzig 1856—67.
Chem. technisches Repertorium. Herausgegeben von E. Jacobsen, Berlin 1863—1867;
Jahresbericht der mechan. Technologie von H. Grothe, Berlin 1863—1866.

Nicht unerwähnt zu lassen sind auch die trefflich redigirten (zum Theil amtlichen) Gewerbeblätter von Württemberg (redigirt von Dr. v. Steinbeis), vom Grossherzogthum Hessen (redigirt von F. Fink), von Kurhessen (redigirt von Dr. Wiederhold), vom niederösterreichischen Gewerbeverein (redigirt von Dr. Reitlinger), ferner die in Chemnitz erscheinende Deutsche Industriezeitung (redigirt von Rob. Binder) und Wieck's illustrirte Gewerbezeitung (redigirt von O. Dammer).

Die

Metalle und ihre Verarbeitung.

Einleitung.

1. Die Metalle[1]) sind chemisch einfache Körper, deren charakteristische Eigenschaften folgende sind: 1) Undurchsichtigkeit; 2) Metallglanz; 3) grosse Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität; 4) Geschmeidigkeit oder das Vermögen eines Körpers, unter starkem Drucke seine Form bleibend zu verändern, ohne dass dadurch seine Cohäsion aufgehoben wird; diese Eigenschaft kommt den Metallen in sehr ungleichem Grade zu; 5) ein hohes specifisches Gewicht.

Die Lehre von den theils mechanischen, theils chemischen Processen, durch welche die Metalle und gewisse Verbindungen derselben aus ihren Erzen im Grossen (in Hüttenwerken) dargestellt werden, ist die Metallurgie. Als wichtiger Abschnitt der Technologie führt sie die Hüttenprocesse auf ihre physikalische und chemische Grundlage zurück, während die metallurgische Hüttenkunde es sich zur Aufgabe macht, die auf genannten Grundsätzen ruhenden Operationen näher zu beschreiben.

Unter Erzen versteht man alle Mineralien und Mineralverbindungen, welche durch ihren Metallgehalt die Aufmerksamkeit des Berg- und Hüttenmannes auf sich zu lenken geeignet sind.

---

1) Literatur über Metallurgie: Lampadius, Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde, 5 Bde., Göttingen 1817—1827; Supplemente, 2 Bde., 1818 und 1826; Karsten, System der Metallurgie nebst Atlas, 5 Bde., Berlin 1831 und 1832; A. Wehrle, Lehrbuch der Probir- und Hüttenkunde, 2 Bde., Wien 1841; Th. Scheerer, Lehrbuch der Metallurgie. Braunschweig I. Bd. von 1848 und II. Bd. 1. und 2. Lieferung 1853; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chemischen Metallurgie, 2. Aufl. Berlin 1865; C. F. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde; herausgegeben von Th. Richter; 2 Bde., Freiberg (jetzt Leipzig) 1860 und 1863; J. Percy, Metallurgy. 1 Vol. London 1861; 2 Vol. 1864 (1. Band übertragen und bearbeitet von Fr. Knapp, Braunschweig 1862; 2. Band bearbeitet von H. Wedding, 1865); C. Stölzel, Die Metallurgie (auch VII. Band von P. Bolley, Handbuch der chemischen Technologie). Braunschweig 1863 und 1865; F. Stohmann, Handbuch der techn. Chemie, 2 Bde., Braunschweig 1865 und 1866; B. v. Cotta, Die Lehre von den Erzlagerstätten. 2 Bde., Freiberg 1859—61; B. Kerl, Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde; 2. Aufl., 4 Bde., Freiberg 1861—1865; R. Wagner, Jahresbericht der chemischen Technologie, 11 Bände, Leipzig 1856—1866; Berg- und hüttenmänn. Zeitung, redigirt von B. Kerl und Fr. Wimmer.

Metalle, welche in der Technik Anwendung finden und mit alleiniger Ausnahme des Aluminiums und des Magnesiums durch metallurgische Processe gewonnen werden, sind:

Eisen	Wismuth	Arsen	Gold
Kupfer	Zink	Quecksilber	Nickel
Blei	Kadmium	Platin	Kobalt
Zinn	Antimon	Silber	Aluminium.

Vorstehende Metalle werden in den Hüttenwerken fast nur metallisch dargestellt, vom Antimon, Arsen und Nickel gewinnt man zugleich auch gewisse Verbindungen, wie Schwefelantimon, arsenige Säure, Operment, Realgar und Nickelspeise, und endlich Kobalt (und auch Chrom) fast ausschliesslich im verbundenen Zustande.

Die Metalle besitzen bei vollkommen ebener und oxydfreier Oberfläche den bekannten charakteristischen Glanz und reflektiren das Licht in hohem Grade, wie man es an polirtem Stahl, Gold und Silber. Quecksilber u. s. w. wahrnehmen kann. Im fein zertheilten Zustande und bei unebener Oberfläche zeigen sie diesen Glanz nicht.

Die Farbe der meisten Metalle ist weiss. Silber, Quecksilber, Zinn und Antimon sind fast völlig weiss; Platin, Blei und Eisen sind dunkler, Gold ist gelb, Kupfer röthlichgelb.

Der Schmelzpunkt der Metalle ist ein sehr verschiedener, so schmilzt

Quecksilber	bei — 40°	Silber	bei + 1000°
Zinn	,, + 230°	Kupfer	,, ,, 1160°
Wismuth	,, ,, 250°	Gold	,, ,, 1100°
Blei	,, ,, 330°	Gusseisen, graues,	,, ,, 1600°
Kadmium	,, ,, 360°	,, weisses,	,, ,, 1500°
Zink	,, ,, 412°	Schmiedeeisen	,, ,, 2000°
Antimon	,, ,, 425°	Platin	,, ,, 2500°
Aluminium	,, ,, 700°		

Das specifische Gewicht der Metalle ist ebenso wie ihr Schmelzpunkt ein sehr ungleiches; folgende Tabelle giebt eine Uebersicht:

Antimon	6,8	Wismuth	9,9
Zink	6,8—7,2	Silber	10,5
Zinn	7,28	Blei	11,445
Eisen	7,8	Quecksilber	13.5
Nickel	8,66	Gold	19,4
Kadmium	8,6—9,05	Platin	21,5
Kupfer	8,9		

Die Metalle krystallisiren, wenn sie nach dem Schmelzen erstarren, mehr oder weniger deutlich wahrnehmbar; von der krystallinischen Beschaffenheit hängt die Structur oder Textur der Metalle ab. Die krystallinische Structur verschwindet und macht einer fasrigen Platz, wenn die Metalle im erweichten Zustande der Behandlung mit dem Hammer, dem Walzwerk ausgesetzt oder in den Drahtzug gebracht werden; damit hängen wesentliche Veränderungen in den physikalischen

Eigenschaften der Metalle zusammen, der Ausdehnungscoefficient durch Wärme, ihr Leitungsvermögen für Electricität und Wärme, ihr spec. Gewicht etc. erleiden gewöhnlich nicht unbedeutende Modificationen. Im Allgemeinen krystallisiren die geschmeidigen Metalle wie Eisen, Kupfer, Blei, Gold, Silber und Platin regulär, die spröden wie Wismuth, Antimon und Arsen hexagonal; das Zink krystallisirt hexagonal und regulär, das Zinn tetragonal. Die Härte der Metalle, die Widerstandsfähigkeit gegen verletzende Einwirkungen, welche beim Schneiden, Feilen, Bohren, Drehen, Hobeln der Metalle in Betracht kommt, ist ausserordentlich verschieden. In der nachstehenden Tabelle findet sich die relative Härte einiger Metalle in Zahlen ausgedrückt und dabei die Härte des Bleies = 1 gesetzt:

Blei	1	Kupfer	19,3
Zinn	1,73	Platin	24,0
Wismuth	3,34	Schmiedeeisen	60,7
Kadmium	6,95	Stahl, ungehärtet,	61,4
Gold	10,7	Roheisen, graues,	64,0
Zink	11,7	Messing	27—38,7
Silber	13,3	Bronze	5,3—8,6
Aluminium	17,3		

Auf die Härte der Metalle, zu welcher die Festigkeit im directen Verhältnisse steht, sind verschiedene Umstände von Einfluss. Ausser durch Vermischung und Verbindung mit andern Körpern sind von wesentlicher Bedeutung 1) die Verarbeitung, so wird z. B. die Härte (und die Festigkeit) der meisten Metalle durch Auswalzen, Hämmern und Drahtziehen vermehrt, so bei Messing, Eisen und Platin, weniger bei Kupfer, Silber und Gold, nicht bei Zinn und Blei. Da grössere Härte häufig auch grössere Sprödigkeit bedingt, so ist man, wenn es sich um mechanische Bearbeitung von Eisen, Messing etc. handelt, genöthigt, das auszuwalzende oder zu streckende Metall von Zeit zu Zeit auszuglühen, um das Metall von neuem weich und dehnbar zu machen. Soll dagegen Härte und nicht selten damit verknüpfte Elasticität erzielt werden, so sucht man diese durch kalte Bearbeitung (Hämmern, Walzen, Ziehen) zu erreichen; 2) der Einfluss der Schnelligkeit des Erkaltens des Metalles nach dem Glühen oder Schmelzen auf den Härtegrad zeigt sich besonders beim Stahl und beim Eisenguss (z. B. den Hartwalzen); 3) auch die Temperatur, bis zu welcher das Metall vor dem Gusse erhitzt worden war, ist nicht ohne Einfluss auf die Härte. Wird z. B. Zinn bis zur beginnenden Glühhitze erhitzt, in die Formen gebracht und schleunigst abgekühlt, so erhält der Guss Härte und Klang, daraus folgt, dass das Zinn, wenn wie dessen Verarbeitung zu Stanniol und Spiegelfolie erfordert, Weichheit und Dehnbarkeit erhalten werden soll, nur bis zum Schmelzen und nicht höher erhitzt werden darf. Etwas ähnliches scheint beim Zink stattzufinden.

Im engsten Zusammenhange mit der Krystallisationsfähigkeit und

Härte der Metalle stehen Hämmerbarkeit und Dehnbarkeit, zusammen auch Geschmeidigkeit genannt. Man versteht darunter die Eigenschaft gewisser Metalle, sich unter dem Hammer oder dem Walzwerk in dünne Platten ausdehnen zu lassen. Die Geschmeidigkeit ist das Product aus Härte und Festigkeit; es ist eine gewisse Weichheit dazu nothwendig, dass ein Metall einem nicht starken Druck oder Stoss nachgebe, indem es an den Angriffspunkten der Kraft ausweicht, aber es gehört zur Geschmeidigkeit auch ein Grad der Festigkeit, welcher verhindert, dass das Metall bei diesem Ausweichen nicht den Zusammenhang verliere. Ein hartes Metall mit grosser Festigkeit ist nur dann geschmeidig, wenn Festigkeit und Härte in dem richtigen Verhältniss stehen. Der höchste Grad von Geschmeidigkeit findet sich bei solchen Metallen, die wie Gold, Silber und weiches Schmiedeeisen bei grosser Weichheit auch bedeutende Festigkeit besitzen. Dass Weichheit bei mangelnder Festigkeit nur eine dürftige Geschmeidigkeit geben könne, zeigt das Blei. Hämmer- oder walzbare Metalle sind:

Silber	Gold
Kadmium	Platin
Kupfer	Blei
Zinn	Zink
Eisen	

Spröde Metalle sind: Antimon und Wismuth. Um die hämmerbaren Metalle in Blech zu verwandeln, werden sie entweder mit dem Hammer geschlagen oder zwischen Metallwalzen ausgewalzt. Diejenigen Metalle, die sich auswalzen lassen, können auch zu Draht gezogen werden. Der Grad der Ziehbarkeit entspricht aber keineswegs immer dem Grad der Hämmer- und Walzbarkeit. Nachstehende Reihe zeigt die Metalle nach dem Grade ihrer Walzbarkeit geordnet, wobei die walzbarsten obenan stehen:

Gold	Platin
Silber	Blei
Aluminium	Zink
Kupfer	Eisen
Zinn	Nickel

Die Hämmerbarkeit fällt nicht mit der Walzbarkeit zusammen, wie sich aus folgender Tabelle ergiebt:

Blei	Aluminium
Zinn	Kupfer
Gold	Platin
Zink	Eisen
Silber	

Was die Leichtigkeit betrifft, mit welcher die Metalle zu Draht gezogen werden können, so ergiebt sich der Grad der Ziehbarkeit aus folgender Tabelle:

Platin	Kupfer
Silber	Gold
Eisen	Aluminium

Nickel	Zinn
Palladium	Blei
Zink	

Die relative Widerstandsfähigkeit der Metalle (Festigkeit, Tragfähigkeit, Zähigkeit) ist eine sehr verschiedene. Nachstehende Tabelle giebt die Gewichte in Kilogrammen an, durch welche ein Draht von 0,002 Meter Durchmesser zerrissen wurde, woraus sich die relative Festigkeit, die des Bleies = 1 gesetzt, wie folgt berechnet:

Blei	3,1 Kil.	= 1,0	Gold	27,0 Kil.	= 8,71
Zinn	6,9 ,,	,, 2,2	Silber	29,0 ,,	,, 9,35
Kadmium	9,5 ,,	,, 3,06	Kupfer	37,0 ,,	,, 11,9
Aluminium	18,0 ,,	,, 5,8	Platin	44,0 ,,	,, 14,2
Zinn	23,5 ,,	,, 7,5	Eisen	56,5 ,,	,, 18,2

Werden die Drähte mit Gewichten belastet, so werden sie verlängert und ziehen sich nach Entfernung des Gewichtes wieder auf ihre anfängliche Länge zusammen. Ist aber das Maximum des Gewichtes überschritten worden, so entsteht eine bleibende Verlängerung des Drahtes und man sagt, es sei die Elasticitätsgrenze überschritten. Bei solchen Anwendungen der Metalle, bei denen die Tragfähigkeit ein Hauptmoment bildet, wie z. B. bei Ketten, Hängebrücken etc., darf diese Grenze nie überschritten werden.

Gewisse hämmerbare Metalle, wie das weiche Eisen, das Nickel und das Platin, besitzen die Eigenschaft der Schweissbarkeit, d. h. Theile dieser Metalle können, nachdem sie durch Erhitzen bis zu einem gewissen Grade erweicht worden sind, durch Kneten und Schmieden zu Einem Stück vereinigt werden, was bei anderen Metallen nur unter Mitwirkung eines geeigneten Lothes erreicht werden kann.

Die Metalle sind ohne Ausnahme gute Wärmeleiter; folgende Tabelle (nach Wiedemann und Franz) zeigt ihre Wärmeleitungsfähigkeit:

Silber	100	Eisen	11,9
Kupfer	73,6	Blei	8,5
Gold	53,2	Platin	8,4
Zinn	14,5	Wismuth	1,8

Die Leitungsfähigkeit für Elektricität ist wahrscheinlich der Leitungsfähigkeit für Wärme proportional.

Die elektrische Spannungsreihe der Metalle, in welcher ein jedes Metall in Berührung mit jedem vorhergehenden negativ elektrisch, mit jedem nachfolgenden positiv elektrisch wird, ist folgende:

Zink	Antimon
Blei	Silber
Zinn	Quecksilber
Eisen	Gold
Wismuth	Platin
Kupfer	

2. Vorkommen der Erze. Nur wenige Metalle finden sich gediegen, die meisten derselben kommen in chemischen Verbindungen

im Mineralreiche vor. Die gewöhnlichen Vererzungsmittel, mit denen die Metalle in den Erzen verbunden (vererzt) sich finden, sind Sauerstoff und Schwefel, doch kommen auch Antimon, Arsen, zuweilen auch Tellur und Wismuth als Vererzungsmittel vor. Unter dem Namen Erz versteht man, wie schon oben erwähnt, die durch den Bergbau gewonnenen Erzeugnisse des Mineralreiches, welche durch ihren Metallgehalt die Aufmerksamkeit des Bergmanns auf sich lenken und durch metallurgische Operationen zu gute gemacht werden sollen.

In den Erzen kommen die Metalle in folgenden Zuständen vor:

1) Gediegen, z. B. Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer und Wismuth;

2) Mit Schwefel, Antimon oder Arsen verbunden, und zwar

a) als einfache Erze, z. B. Zinnober $Hg S$, Bleiglanz $Pb S$, Speiskobalt $Co As_2$;

b) als Doppelerze, z. B. Buntkupfererz $Fe_2 S_3$, $3 Cu_2 S$, Kupferkies $Fe_2 S_3$, $Cu_2 S$, Rothgiltigerz $Sb S_3$, $3 Ag S$;

3) Mit Sauerstoff verbunden, als

a) basische Oxyde, z. B. Eisenglanz $Fe_2 O_3$, Zinnstein $Sn O_2$, Rothkupfererz $Cu_2 O$;

b) Oxydhydrate, z. B. Brauneisenstein $2 Fe_2 O_3$, $3 HO$, Manganit $Mn_2 O_3$, HO;

c) Sauerstoffsalze, z. B. Kupferlasur $3 CuO$, $2 CO_2 + HO$, Bleivitriol PbO, SO_3;

4) Mit Schwefel und Sauerstoff verbunden, z. B. Rothspiessglanzerz $2 Sb S_3 + Sb O_3$;

5) Mit Salzbildern verbunden, z. B. Quecksilberhornerz $Hg_2 Cl$, Hornsilber $Ag Cl$;

6) In Verbindung mit Salzbildern und Sauerstoff, z. B. Bleihornerz PbO, $CO_2 + Pb Cl$, Grünbleierz $3 PO_5$, $9 PbO + Pb Cl$, $Pb Fl$, Atakamit $3 CuO$, HO, $Cu Cl$.

3. Die Aufbereitung der Erze. Die Erze kommen auf ihren Lagerstätten nur in seltenen Fällen in hinlänglicher Reinheit vor, um dieselben ohne weitere Vorbereitung dem Zugutemachen unterwerfen zu können; die Erze sind theils mit Erzen anderer Metalle vermengt, theils durch die Gebirgsart verunreinigt, in welcher die Lagerstätte des Erzes sich befindet. Daher bedürfen die Erze meist einer Zertheilung und Scheidung von den fremden Erzen und den beigemengten erdigen Massen (Gangart, taubes Gestein). Die dies bezweckende Arbeit heisst die Aufbereitung. Schon an der Grube beginnt die Scheidung, indem man alles taube Gestein bei Seite wirft. Man sortirt die Erze gewöhnlich in drei Haufen; der erste Haufen (Stuferze) ist so reichhaltig, dass er direct in der Hütte verschmolzen werden kann; der zweite Haufen enthält ärmeres Erz (Mittelerz), welches, ehe es zugutegemacht werden kann, aufbereitet werden muss; der dritte Haufen besteht zum grössten Theile aus Gangart, so dass die geringe Quantität des darin enthaltenen Erzes die Ausbringungskosten nicht deckt, weshalb es gewöhnlich bei Seite gebracht und aufbewahrt wird, falls früher

oder später eine Vervollkommnung des Hüttenprocesses eine vortheilbringende Behandlung erlaubte.

Die Aufbereitung der Erze geschieht entweder nur durch Menschenhände (trockene Aufbereitung) oder durch Maschinenkraft (künstliche oder nasse Aufbereitung). Der letzteren geht die erstere stets voran; die nasse Aufbereitung soll nur vollenden, was durch die Aufbereitung auf trocknem Wege nicht mehr ausgeführt werden konnte.

Die durch das Ausschlagen des Erzes mit Hämmern gewonnenen Producte sind ausser dem tauben Gesteine 1) die Scheidegänge, d. h. solche reichhaltigere Stücke, welche durch die Scheidearbeit, durch Zerschlagen mit Hämmern oder Scheidefäusteln von dem anhängenden Gestein getrennt werden können, 2) die Pochgänge, d. h. solche Stücke, welche wegen der sehr innigen Mischung nicht mehr durch Scheidearbeit, sondern nur durch Pochen und Waschen getrennt werden können, 3) der beim Ausschlagen sich bildende pulverförmige Abfall, das Ausschlageklein.

Die künstliche oder nasse Aufbereitung scheidet die zerkleinerten Erze von dem tauben Gesteine durch die ungleiche Geschwindigkeit, mit der beide in Folge ihres verschiedenen specifischen Gewichtes im Wasser zu Boden sinken. Der Erfolg dieser Scheidung ist wesentlich von der Gleichförmigkeit der Form und Grösse der Erztheilchen abhängig, weshalb und weil eine solche Gleichförmigkeit nie zu erreichen ist, die nasse Aufbereitung stets Verlust herbeiführt, indem kleinere Erzstückchen den grösseren Stücken des Gesteins beigemengt bleiben. Die Erze werden entweder durch Hämmer zerschlagen oder zwischen Walzen zerdrückt und die erhaltenen Stücke sodann durch Siebe sortirt. Die Aufbereitung geschieht nun entweder durch das Siebsetzen oder auch durch das Pochwerk oder auch zuweilen durch die Anwendung beider.

Das Siebsetzen, eine erst in neuerer Zeit in Aufnahme gekommene, äusserst wirksame Aufbereitungsart, kommt dem Schlämmen ziemlich nahe, unterscheidet sich aber von letzterer Operation durch weit grössere Dimensionen der zu trennenden Theile, so wie dadurch, dass es während des Schlämmens die Trennung feinerer und gröberer Theile eines und desselben Körpers bezwecken soll, indem die feineren im Wasser suspendirt bleiben, beim Siebsetzen alle Körner fast gleiche Grösse haben, aber wegen ihres ungleichen specifischen Gewichtes mit verschiedener Schnelligkeit sich zu Boden setzen. Die Sonderung der leichteren Theilchen von den schwereren tritt indessen nicht blos durch das schnellere Niederfallen der letzteren im Wasser, sondern auch durch die stossweise Bewegung des Siebes ein.

Das Siebsetzen wird durch Menschenhände auf Setzsieben (*brakesieve*) ausgeführt. Die Siebe befinden sich in Fässern mit

Wasser, den sogenannten Setzfässern, und sind an Balanciers mit Gegengewichten aufgehängt. Man fängt mit einem Siebe die Arbeit an, welches auf dem Quadratzoll vier Oeffnungen hat, indem man es mit dem zerkleinerten Erze zur Hälfte füllt, es dann in das Wasser des Setzfasses einsenkt, und nun mittelst einer Vorrichtung in kurzen Stössen in die Höhe schnellt und wieder herabsinken lässt. Durch ungefähr fünfzig solcher Stösse sammeln sich die schweren erzhaltigen Körner (Erzgraupen) zu unterst, die Gangart zu oberst an; letztere nimmt man, nachdem man das Sieb über den Wasserspiegel herausgehoben, ab, lässt die Erzgraupen aber in dem Siebe und füllt dieses wieder. Sobald sich durch Wiederholung der Arbeit eine ungefähr drei Zoll hohe Schicht von Erzgraupen angesammelt hat, hebt man auch diese heraus. Die durch das Sieb in das Setzfass gefallenen Körner werden in ein zweites Sieb mit 16 Oeffnungen auf den Quadratzoll, und die durch dessen Oeffnungen hindurchgehenden Körner endlich in ein drittes Sieb mit 25 Oeffnungen auf den Quadratzoll gebracht. Man hat bereits mehrfache Versuche gemacht, Siebsetzmaschinen, theils mit beweglichem Siebe, theils mit festem Siebe zu construiren, welche durch die Pochradwelle bewegt werden, die jedoch noch nicht das Handsiebsetzen verdrängt haben.

Da die Arbeit des Siebsetzens sich auf den Unterschied in dem specifischen Gewicht des Erzes und der Gangart gründet, so geht daraus hervor, dass, wenn die letztere aus einem specifisch schweren Gestein, z. B. aus Schwerspath, besteht, der Erfolg weit geringer sein muss, als wenn die Gangart aus Kalkstein, Quarz etc. zusammengesetzt ist.

4. Das fein eingesprengte Erz, welches schon bei der Scheidearbeit als zu arm für das Siebsetzen erkannt wurde, und die mittlere Schicht zwischen den Erzgraupen und der Gangart des Setzsiebes, heissen, wie oben bemerkt, Pochgänge und bilden das Material für die nasse Aufbereitung. Der Zweck dieser Aufbereitungsart ist, die Pochgänge dadurch zugutezumachen, dass man sie, um Erz und Gangart von einander zu trennen, zerstampft und darauf einen Theil des tauben Gesteines durch Wasser abschlämmt. Es ist hierbei wesentlich, das Pochmehl in möglichst gleicher Grösse des Kornes darzustellen und die Pochgänge nicht feiner zu pulverisiren, als die Grösse des Kornes des eingesprengten Erzes es nöthig macht. In den Pochwerken (bocard, *stamp-mill*), in welchen das Zerkleinern geschieht, überlässt man nicht wie bei dem Siebsetzen das Erz der Wirkung seiner Schwere in einer unbewegten Flüssigkeit, sondern bewegt es durch fliessendes Wasser, in welchem es sich nach der Grösse des Kornes, dem specifischen Gewichte und der Gestalt an verschiedenen Stellen der Vorrichtung ablagert. Zuvörderst gelangen die Erze unter die Pochstempel, welche durch eine Daumenwelle gehoben werden und das Erz in dem Pochtroge zerstossen. Während des Pochens wird fortwährend ein Strom Wasser

zugeführt, der das gepochte Erz und Gestein, sobald die Zerkleinerung weit genug gediehen ist, fortspült und in die Mehlführung, eine Reihenfolge von flachen, hölzernen Graben oder Gerinnen, leitet. In den dem Pochtroge zunächst liegenden Graben setzt sich aus der Pochtrübe das schwerste Erz (rösche Erz), in den darauf folgenden das minder schwere und in den entferntesten breiten und flachen Behältern, den Sümpfen, das leichteste und feinste nebst dem Schlamme ab.

5. Die letzte Arbeit der Aufbereitung ist die Concentration des Pochmehls, was durch das Verwaschen auf Herden geschieht. Die Theorie dieser Operation ist einfach folgende. Betrachtet man das in jedem Graben der Mehlführung angesammelte, aus Erz und Gestein bestehende Mehl, welches aus dem Wasser gleichzeitig sich absetzte, so ist es einleuchtend, dass im Allgemeinen die Gesteinpartikelchen grösser sein müssen, als die Erztheilchen, da ja nur das grössere Korn das niedrigere specifische Gewicht compensirt, und den Gesteintheilchen, die, wenn sie gleiche Grösse mit den Erztheilchen hätten, langsamer fallen und also in einem spätern Graben sich absetzen würden, dieselbe Fallkraft ertheilt, wie den Erztheilchen. Bringt man nun dieses Gemenge von kleineren, aber schwereren, und grösseren, aber leichteren Körnern auf eine schwach geneigte Fläche, über welche Wasser strömt, so erhalten die grösseren Körner, weil sie dem Wasser eine grössere Fläche darbieten, einen stärkeren Stoss als die kleineren, und werden demnach schneller als die letzteren fortgespült.

Man theilt die zur Concentration des Pochmehls dienenden Vorrichtungen in unbewegliche und bewegliche Herde oder Stossherde. Beide unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass der unbewegliche Herd dem auf seiner geneigten Ebene herabfliessenden Wasser eine ruhende Unterlage darbietet, während diese bei dem beweglichen oder Stossherde, durch schnell auf einander folgende Stösse bewegt, die Erschütterung den Körnern mittheilt.

Die einzelnen Theile eines Herdes sind: der Wasserkasten, die Bühne, welche das ausgeschlagene Pochmehl aufnimmt, aus welcher es auf den Herd niedergeschlämmt wird, und der Herd selbst, eine geneigte Ebene von Brettern gefertigt. Bei einigen wirkt ganz allein der Stoss des Wassers, bei anderen, wie z. B. bei dem Kehrherde oder Glauchherde (table dormante, table à balais, *nickingbuddle*), wird das bis zu einer gewissen Länge des Herdes niedergeschlämmte Mehl mit einem Brettchen, der Kiste, wiederholt der Wirkung des Wassers entgegengestrichen, bis die Concentration des Erzes soweit gediehen ist, wie sie überhaupt ohne allzu grossen Verlust ausgeführt werden kann.

Die beweglichen Herde oder Stossherde (tables à secousse, t. mobiles) sind an Ketten oder Stangen aufgehängte Ebenen, bei welchen der Stoss des Wassers durch einen Stoss gegen die Stirn der Ebene unterstützt wird. Es werden dadurch die Erz- und Steintheilchen nicht

nur in fortwährender Bewegung erhalten, sondern auch, während sie vom Wasser fortgerissen werden, beständig wieder zurückgeschnellt, was bei den weniger wirksamen Kehrherden durch das Streichen mit der Kiste zu erzielen ist.

Dem Stossherd ähnlich ist der Sichertrog, er unterscheidet sich von dem ersteren durch kleinere Dimensionen und durch den stärkeren Stoss, welchen er erleidet; er ist im Allgemeinen wegen des grösseren Erzverlustes nicht empfehlenswerth.

So zweckmässig auch die zur nassen Aufbereitung bestimmten Vorrichtungen zu sein scheinen, so erfüllen sie doch ihre Bestimmung in ihrer gegenwärtigen Einrichtung nur sehr mangelhaft und es wird daher die nasse Aufbereitung mit Recht die schwache Seite des Bergwesens genannt, weil sie nur selten ohne grossen Erzverlust, der in einzelnen Fällen selbst auf 50 Proc. steigen soll, auszuführen ist. Um diese Uebelstände zu beseitigen, ist vorgeschlagen worden, das gepochte Erz der Windseparation zu unterwerfen, d. h. einem durch einen Ventilator erzeugten Luftstrom auszusetzen. Die Luft strömt nicht eher auf das Erz, als bis sie durch einen Behälter gegangen ist, der als Regulator dient, damit der Luftstrom gleichmässig und ununterbrochen sich bewege. Das fortgerissene Erz setzt sich nach der Grösse der Körner oder nach dem specifischen Gewichte in eine Reihe auf einander folgender, mit Schiebkästen versehener Räume ab, worauf sich das Erz bequem wieder herausnehmen lässt. Die Luft zieht zuletzt durch eine Esse ab. Die zur Prüfung des Vorschlags angestellten Versuche scheinen zu keinem genügenden Resultate geführt zu haben, doch ist sie an solchen Orten am Platze, wo es an Wasser mangelt, wie z. B. an einzelnen Punkten in Spanien und Mexiko. Neuerdings hat man durch verbesserte Constructionen von Herden (z. B. des Roundbuddle, des Trichterherdes und der rotirenden Kehrherde, die jedoch hier nicht näher beschrieben werden können) die nasse Aufbereitung zu vervollkommnen gesucht.

Das concentrirte Pochmehl, das an die Hütte abgegeben wird, heisst Schlieche und die Abgänge die Herdflut.

6. Vorbereitung der Erze. Durch die Operation der Aufbereitung erlangen die Erze jene Reichhaltigkeit, welche zu der Verarbeitung derselben in den Hütten erforderlich ist. Ehe man den Schmelzprocess einleitet, ist in vielen Fällen eine Vorbereitung der Erze nothwendig, die entweder in Verwittern und Abliegen der Erze an der Luft besteht, oder in einer Erhitzung ohne Luftzutritt, dem Brennen (calcinage, *calcining*), oder mit Luftzutritt, dem Rösten (grillage, rôtissage, *roasting*). Durch das Verwittern und Abliegen an der Luft bezweckt man eine mechanische Absonderung des Lettens und Schieferthones von den Erznieren, wie es hauptsächlich bei den Eisenerzen und bei dem Galmei vorkommt, auch zuweilen eine Oxydation der

Eisenerze und des beigemengten Schwefelkieses zu Eisenvitriol, der dann durch den Regen fortgewaschen wird. Das Brennen, Calciniren oder Mürbebrennen soll gewisse Erze, wie Eisensteine, Galmei, Kupferschiefer etc., auflockern dadurch, dass flüchtige Stoffe, wie Wasser, Kohlensäure, bituminöse Substanzen, ausgetrieben werden, oder allein durch die ausdehnende Kraft der Wärme. Durch das Rösten bewirkt man eine ähnliche, aber durchgreifendere Wirkung; man erhitzt dabei die Erze bis zu einer Temperatur, bei welcher noch keine Schmelzung stattfindet, wol aber chemische Einwirkung der Luft und Wärme, zuweilen auch fester Zuschläge wie Kochsalz auf das zu röstende Erz stattfinden kann.

Man will durch das Rösten bezwecken:

1) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Oxydation; dieser Röstmethode werden gewöhnlich Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen unterworfen, wobei schweflige Säure, arsenige Säure und Antimonoxyd sich verflüchtigen, während entweder Metall hervortritt, wie beim Rösten von Zinnober, oder sich die Metalle in Oxyde oder in schwefelsaure Salze umwandeln. Die verflüchtigten Substanzen lassen sich zum Theil auffangen und nutzbar machen, so die schweflige Säure zur Darstellung von englischer Schwefelsäure, die arsenige Säure etc.;

2) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Reduction; sie kommt seltener und hauptsächlich bei schwefelsauren und arsensauren Metalloxyden durch Erhitzen derselben mit Kalk vor, wobei der Schwefel als schweflige Säure, das Arsen als solches entweicht;

3) eine Verflüchtigung durch Ueberführung in Chlormetalle, wenn bei der Röstung des Erzes mit Kochsalz bei Zutritt der Luft sich zum Theil flüchtige Chlorverbindungen erzeugen, wie es bei der Silbergewinnung durch Amalgamation und nach der Methode von Augustin der Fall ist.

7. Auf die Vorbereitung folgt das Zugutemachen der Erze, wobei in der Regel der Schmelzprocess oder auch der nasse Weg Anwendung findet, durch welchen man die Ausbringung des Metalles oder einer Verbindung desselben beabsichtigt. Diejenigen chemischen Operationen im Grossen, welche mit der Ausbringung eines Metalles oder einer Verbindung desselben endigen, nennt man Hüttenprocesse.

Nur selten macht man einzelne Erzsorten für sich allein zugute, in den meisten Fällen mischt man ärmere und reichere Erze derselben Art, um die Erzmasse auf einen gewissen mittleren Gehalt zu bringen. Diese Mengungsarbeit nennt man das Gattiren (Maschen, Möllern, Mischen). Man bezweckt dabei auch die verschiedenen Gangarten, welche die Erze begleiten, in der Weise zu mengen, dass sie beim darauf folgenden Schmelzen zur Bildung einer Schlacke von erforderlicher Beschaffenheit

beitragen. Wo durch das Gattiren der Erze eine solche Beschaffenheit nicht herzustellen ist, setzt man gewisse Substanzen hinzu, die man je nach ihrer Wirkung Zuschläge oder Flüsse nennt. Zuschläge veranlassen die Abscheidung eines nutzbaren Bestandtheils aus einem Erze oder aus einem Hüttenproducte und dienen zu dessen Ansammlung. Die Zuschläge sind Röstzuschläge, wie Kohle, gebrannter Kalk, Kochsalz, Schmelzzuschläge, wie Quarz und gewisse Silicate (Hornblende, Feldspath, Augit, Grünstein, Chlorit, Schlacken), Kalkmineralien, wie Kalkstein, Flussspath, Gyps, Schwerspath, Thonmineralien, wie Thonschiefer, Lehm u. s. w., salzige Zuschläge, wie Potasche, Borax, Glaubersalz, Salpeter, metallische Zuschläge, wie Eisen (bei der Zerlegung von Zinnober und Bleiglanz), Zink (zur Extraction des Silbers aus Werkblei), Arsen (zur Anreicherung des Nickel- und Kobaltgehaltes in Speisen), Eisenhammerschlag, Rotheisenstein und Braunstein (beim Frischen des Roheisens); salzige Zuschläge, zu welchen vorzüglich die eisenoxydulreichen Frischschlacken gehören, welche entweder durch ihren Sauerstoffgehalt (beim Eisenfrischen) oder durch ihren Eisengehalt als Niederschlagsmittel (zum Niederschlagen des Bleies aus dem Bleiglanz) wirken.

Die Flüsse befördern nur die Abscheidung des Metalles, indem das Erz leicht flüssiger gemacht wird und die ausgebrachten Metalltheilchen sich leichter vereinigen können. Man kann die Flüsse in drei Abtheilungen bringen, nämlich 1) in solche, die auf das Schmelzgemenge nicht wesentlich chemisch einwirken, sondern nur Leichtflüssigkeit und Verdünnung bewirken; hierher gehören Flussspath, Borax, Kochsalz, verschiedene Schlackensorten, 2) in solche, welche ausserdem auch reducirend wirken, wie ein Gemenge von Weinstein und Salpeter (schwarzer Fluss), 3) in diejenigen, deren Wirkung endlich auch noch in einer absorbirenden, entweder von Säuren oder von Basen besteht; letztere Abtheilung schliesst sich an die Zuschläge an.

Das Vermengen der Erze mit Zuschlägen und Flüssen wird das Beschicken (Möllern, Auflaufen) genannt. Die Menge der Beschickung, welche innerhalb einer bestimmten Zeit (in der Regel 12 oder 24 Stunden) verarbeitet wird, heisst Schicht, die auf einmal in einen Schachtofen aufzugebende Masse von Beschickung mit Brennstoff wird Gicht oder Charge genannt.

8. Durch die Hüttenprocesse werden die Hüttenproducte erzeugt, welche sind 1) durch den Schmelzprocess fallende Metalle — Educte —. Der relative Grad ihrer Reinheit wird bei edlen Metallen mit fein (Feinsilber, Feingold), bei unedlen Metallen mit gar oder roh (Garkupfer, Roheisen) bezeichnet. Ein höherer Grad von Reinheit wird durch das Wort raffinirt ausgedrückt. 2) Solche Hüttenproducte, welche in den Erzen nicht fertig gebildet enthalten sind, sondern erst während des Zugutemachens in der Weise sich bilden, dass mehrere

Bestandtheile der Erze und der Beschickung sich vereinigen, nennt man Hüttenfabrikate; sie sind meist schon Handelswaare; es gehört hierher das antimon- und arsenhaltige Hartblei, der Stahl, die arsenige Säure, Operment und Realgar, das Schwefelantimon etc. Bei der Erzeugung der Educte bilden sich vielfache Nebenproducte, die, wenn sie noch so viel von dem auszubringenden Metalle enthalten, dass die weitere Verarbeitung möglich wird, 3) Zwischenproducte, im entgegengesetzten Falle, in welchem sie als nichtschmelzwürdig aus der Hütte entfernt werden, 4) Abfälle heissen. Die Zwischenproducte sind Legirungen (Tellersilber aus Silber, Kupfer und Blei bestehend; Werkblei, Blei mit etwas Silber, Kupfer; Schwarzkupfer, Kupfer mit Eisen, Blei etc.), Schwefelmetalle (Steine, Leche), Arsenmetalle (Speisen, so z. B. die Kobalt- oder Nickelspeise der Blaufarbenwerke), Kohlenmetalle (z. B. Roheisen und Stahl), Oxyde (z. B. Bleiglätte).

Die hauptsächlichsten Hüttenabfälle sind die Schlacken (scories, *slags*), jene glas- oder emailähnlichen Massen, deren wichtigste die Silicatschlacken, d. h. Verbindungen der Kieselsäure mit Erden (insbesondere Kalk, Magnesia, Thonerde) und Metalloxyden (namentlich Eisenoxydul und Manganoxydul), mit kleinen Mengen von Fluor- und Schwefelverbindungen, häufig auch von phosphorsauren und schwefelsauren Salzen sind. Sie bilden sich bei Schmelzprocessen aus den in den Rohmaterialien nie fehlenden Beimengungen und Zuschlägen und erfüllen bei der Ausbringung der Metalle den wichtigen Zweck, die mit ihnen zugleich sich ausscheidenden Metall- oder Schwefelmetallpartikelchen vor der oxydirenden Gebläseluft zu schützen, indem sie dieselben einhüllen und ihnen endlich sich zu vereinigen gestatten. Sie leisten ausserdem auch als Zuschläge oft wichtige Dienste und werden nicht selten wegen eines in ihnen noch befindlichen Metallgehaltes verschmolzen.

Die Beschaffenheit der Schlacken ist von ihrem Gehalte an Kieselsäure abhängig; in Bezug darauf theilt man sie in Sub-, Singulo-, Bi- und Trisilicate, welche folgende chemische Formeln haben:

Subsilicat	SiO_3, 6 RO	oder	SiO_3, 2 R_2O_3.
Singulosilicat	SiO_3, 3 RO	,,	SiO_3, R_2O_3.
Bisilicat	2 SiO_3, 3 RO	,,	2 SiO_3, R_2O_3.
Trisilicat	SiO_3. RO	,,	3 SiO_3, R_2O_3.

Die Schlacken sind entweder glasig oder krystallinisch. Aus den krystallinischen Schlacken scheiden sich oft krystallinische Partien von Silicaten aus, welche völlig mit gewissen Mineralien übereinstimmen, so z. B. Augit, Wollastonit, Glimmer, Idokras, Chrysolith, Feldspath u. s. w. Die Gemenge der Singulosilicate geben im Allgemeinen dünnflüssige (frische oder basische), schnell erstarrende Schlacken, die Bi- und Trisilicate dagegen zähflüssige (saigere oder saure) und nur langsam fest werdende.

Um die Kenntniss der Natur der Schlacken haben sich besonders Berthier, Bredberg, Mitscherlich und Rammelsberg verdient gemacht. Soll eine Schlacke dem Schmelzprocess, bei welchem sie fällt, entsprechend zusammengesetzt sein, so werden an ihr folgende Eigenschaften verlangt:

1) Ein geringeres specifisches Gewicht als dasjenige des durch den Schmelzprocess dargestellten Productes, so dass sie dessen Oberfläche bedecken kann;

2) Eine Gleichartigkeit in der ganzen Masse, weil gegentheilig der Schmelzprocess kein normaler war;

3) Eine gewisse Leichtschmelzbarkeit, damit die ausgebrachten Metallpartikelchen in Folge ihres höheren specifischen Gewichtes in der flüssigen Schlacke mit Leichtigkeit niedersinken können;

4) Eine bestimmte chemische Zusammensetzung, damit die Schlacke auf das sich ausscheidende Product nicht zerlegend einwirke.

Erster Abschnitt.

Die Ausbringung der Metalle aus ihren Erzen.

Das Eisen[1]).

9. Das Eisen (fer, *iron*) war schon im Alterthume bekannt. Moses erwähnt das Eisen und die Eisenschmelzöfen und lässt die Kenntniss dieses Metalles bis vor die Sündfluth zurückgehen, indem er aus jener Zeit (1. Buch, Cap. 4. V. 22) den Sohn der Zilla, Tubalkain, als einen Meister anführt „in allerlei Erz und Eisenwerk". Die Aegyptier hatten Eisenwerke in der Halbinsel des Sinai, die Phöniker auf der griechischen Insel Seriphos, wo überall die Schlackenhügel (dauerhafter als das von der Zeit so leicht zerstörte Eisen selbst) vorliegen. Dem ägyptischen Schlächter in den Wandgemälden hängt der blaue Stahl zum Messerwetzen am Gürtel. Bei Homer und Hesiod ist schon von der Bearbeitung des Eisens und von dem Härten des Stahls die Rede. In allen Mythengeschichten der Welt (bis nach Finnland hinauf) ist der Urfeuergott oder Götterschmied auch Erfinder des Eisenschmelzens, so verlegten die Griechen die erste Bekanntschaft mit der Kunst der Eisenbearbeitung in die fabelhafte Zeit des Prometheus und der Cyclopen,

1) Literatur: P. Mischler, Das deutsche Eisenhüttengewerbe, 2 Bde., Stuttgart u. Tübingen 1852 u. 1854; Oechelhäuser, Vergleichende Statistik der Eisenindustrie aller Länder, Berlin 1852; M. Rühlmann, Die Roheisenerzeugung der Neuzeit, Hannover 1859; Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 5 Bde., Berlin 1841; Th. Scheerer, Lehrbuch der Metallurgie, 1. Bd. (p. 534), 1848; 2. Bd. 1. u. 2. Lieferung 1853; W. Fairbairn, Iron, its history, properties and processes of manufacture, Edinburg 1861; Br. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, 3. Bd., Leipzig 1864; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, 2. Aufl., Berlin 1865 (p. 77—201); J. Percy, Metallurgy: Iron and Steel; London 1864 (deutsch bearbeitet von H. Wedding, Braunschweig 1864 u. 1866); J. H. Stahlschmidt, Darstellung des Eisenhohofenprocesses, Hagen 1864; C. Stölzel, Die Metallurgie, Braunschweig 1863 u. 1865; F. Stohmann, Handbuch der techn. Chemie, 2. Aufl., Bd. II. (p. 95—490), Braunschweig 1865; R. Wagner, Jahresbericht der chemischen Technologie, 11 Bde. 1856—1866; K. Karmarsch, Deutsche Vierteljahrsschrift 1865, 2. Heft p. 58—112.

jedoch erwähnt Aristoteles einer Eisenschmelze von Populonia, Elba gegenüber, wo einst der Eisenglanz von Elba verschmolzen ward. Durch die Erforschung der Pfahlbauten ist es unzweifelhaft, dass von den Ureinwohnern Europa's viele Gegenstände zu Zwecken der Landwirthschaft und der Gewerbe, welche gegenwärtig aus Eisen verfertigt werden, aus Kupfer oder Kupferlegirungen hergestellt wurden, dass überhaupt die Verbreitung des Gebrauches des Eisens (die sogenannte Eisenzeit) lange Zeit hinter dem des Kupfers und seiner Legirungen (der Bronzeperiode) zurückblieb. Die Eisenzeit ist in der Geschichte der Urvölker immer die letzte und diejenige Periode, welche die Brücke zur Civilisation schlägt.

Das Eisen ist ohne Zweifel das wichtigste und nützlichste der Metalle, da sein Gebrauch mit allen Zweigen der Technik und fast allen Bedürfnissen des Lebens auf das innigste verwebt ist. An kein anderes Metall ist in so hohem Grade die Gewinnung der nützlichsten und unentbehrlichsten Güter, die Erleichterung und Beschleunigung des Verkehrs, die Zunahme des industriellen Kapitals geknüpft, als an das Eisen. Selbst wenn man nicht der Meinung mehrerer neuerer Metallurgen beipflichtet, welche die Eisenproduction eines Landes als Maassstab für dessen Civilisation annehmen, so ist doch nicht zu läugnen, dass das Eisen ein verwendungsfähiger Rohstoff von hoher, stets steigender Bedeutung ist. Man mag auf die nothwendigen Hilfsmittel der gewöhnlichen Handwerke, auf die täglichen Bedürfnisse im häuslichen Leben oder auf den Betrieb der Fabriken und Manufacturen und die dazu erforderlichen Werkzeuge und Maschinen, auf die Production in ihren einzelnen Zweigen, auf den Handel mit seinen Verkehrswegen, oder auf die Consumtion und das Raffinement des Luxus und der Bequemlichkeit sehen, und überall begegnet man einem grossen, unabweisbaren Bedürfniss nach Eisen. Erwägt man zudem noch den rasch steigenden Bedarf für Maschinenbau und Eisenbahnen, für Land- und Wasserbaukunst, so erlangt man die Ueberzeugung, dass das Gewerbe der Eisenproduction eines Landes, so wie es einerseits bereits einer der vielgestaltigsten Productionszweige ist, andererseits ein kräftig wirkender Sporn zum grossartigen Betrieb des Fabrikwesens, zur Erweiterung der Industrie sein muss. Ist es wahr, dass der Verbrauch an Seife in einem Lande als Werthmesser für dessen Wohlstand und Cultur gelten kann, so sprechen gewichtige Gründe dafür, dass der Eisenverbrauch ein weit sicherer Gradmesser von Wohlstand, Cultur und Macht verschiedener Völker ist, denn erst ein höher entwickelter Geist einer Nation und die Nothwendigkeit, mit bester Benutzung von Zeit, Kraft und Kapital rasch, sicher und gut zu arbeiten, erkennt das Eisen als mächtiges Erleichterungs- und Förderungsmittel, als Hebel der Production, als Nerv der Industrie, und es steigt der Eisenverbrauch in dem Grade, als Geistesentwickelung und mit ihr allgemeinere Bildung und Kenntnisse, das

Streben nach höheren und feineren Genüssen zunehmen, als der Organismus der gewerblichen Thätigkeiten sich verfeinert und vervollkommnet. Das Eisen spielt die Rolle eines wesentlichen Culturmittels. Was in unserer Zeit der Menschengeist Grosses schafft, könnte nicht gedacht, nicht vollbracht werden, ohne das Metall, das die alte Zeit in der Reihe zu unterst gestellt. Eisen ist die Grundlage der Civilisation.

10. Das technisch angewendete Eisen ist nie chemisch rein, sondern enthält ungefähr 0,5 bis gegen 8 Proc. fremde Körper, unter welchen der Kohlenstoff der wichtigste ist. Jene fremden Körper sind aber nur zum kleinsten Theile als Verunreinigungen zu betrachten, das Streben bei der Ausbringung des Eisens geht vielmehr dahin, das Eisen mit der erforderlichen Art und Quantität derselben zu verbinden, wo es dann unter gänzlich verändertem Charakter, mit neuen und nutzbaren Eigenthümlichkeiten begabt, auftritt. Das Eisen tritt für die unendlich zahlreichen von ihm gemachten Anwendungen in drei wesentlich verschiedenen Gestalten auf, nämlich als 1) Gusseisen oder Roheisen (fonte, *cast iron, pig iron*), als 2) Schmiede- oder Stabeisen (fer, *soft iron, wrought iron*), 3) als Stahl (acier, *steel*). Das Roheisen ist das durch reducirende Schmelzung unmittelbar aus den Eisenerzen gewonnene kohlenstoffreichste Eisen; es vereinigt grosse Festigkeit und Härte mit einem gewissen Grade der Leichtschmelzbarkeit. Das Schmiedeeisen ist das durch einen oxydirenden Schmelzprocess von dem Kohlenstoff und den fremden Bestandtheilen grösstentheils befreite und dadurch geschmeidig gewordene Roheisen; es ist äusserst schwer schmelzbar, aber schweissbar und dabei sehr zähe. Der Stahl, entweder aus dem Roheisen durch nur theilweise Entkohlung, oder aus Schmiedeeisen durch Hinzufügung der erforderlichen Menge Kohlenstoff sich bildend, steht hinsichtlich seiner Eigenschaften und seiner Zusammensetzung (Kohlenstoffgehaltes) ungefähr in der Mitte zwischen Gusseisen und Schmiedeeisen.

Eigenschaften des Roheisens.

11. Bei dem Verschmelzen der Eisenerze nach dem gewöhnlichen Verfahren nimmt das Eisen während der Reduction wesentlich Kohle (die dann in dem Roheisen theils in Form von Eisencarburet, theils als Graphit sich findet) und geringe Mengen anderer Stoffe, wie Schwefel, Phosphor, Silicium, Arsen, Mangan, Aluminium etc., auf. Das gekohlte Eisen — Roheisen oder Gusseisen — wird nach seiner Farbe, so wie anderweitigen physikalischen und chemischen Eigenschaften in weisses und graues Roheisen eingetheilt. In dem weissen Roheisen oder Hartfloss (fonte blanche, *white cast-iron, forge-pig*) ist aller Kohlenstoff (4—5 Proc.) chemisch mit dem Eisen verbunden, während das graue Roheisen oder Weichfloss (fonte grise, *grey*

metal, *foundry pig*) nur wenig chemisch gebundenen Kohlenstoff (0,5—2 Proc.), aber viel mechanisch, in Gestalt von Graphitblättchen, beigemengten (1,3—3,7 Proc.) enthält. Das graue Roheisen ist von hellgrauer bis dunkelgrauer Farbe und von körniger, niemals krystallinischer, höchstens, obwohl selten, etwas blättriger Textur; es ist weich und zähe, selbst etwas geschmeidig und so weich, dass es mit der Feile, dem Bohrer, auf der Hobelbank und der Drehbank u. s. w. bearbeitet werden kann und zwar in der Regel um so leichter, je dunkler es ist, daher auch die Benennung Weichfloss und seine Anwendbarkeit zu Gusswaaren, die einer späteren Bearbeitung bedürfen. Wegen seiner dünnflüssigen Beschaffenheit im geschmolzenen Zustande wird es, wie erwähnt, zu Gusswaaren verwendet, es füllt die Formen mit grosser Schärfe und Reinheit aus, während weisses Roheisen mit stumpfen Ecken und concaver Oberfläche erstarrt und deshalb nie zum Giessen verwendet werden kann. Im starken Rothglühen ist es so weich, dass es mit einer schnell bewegten Holzsäge geschnitten werden kann. Das weisse Roheisen, durch weisse Farbe, krystallinische Structur, Härte, Sprödigkeit und grösseres specifisches Gewicht characterisirt, wird bei einer silberweissen Farbe und bei stark spiegelnden Flächen Spiegeleisen oder Spiegelfloss, auch wol wegen seiner Hauptbenutzung zu Stahl Rohstahleisen, bei stahlig faserigem Gefüge und bläuchlich grauer Farbe blumiges Floss genannt. Das luckige (löcherige) Floss ist bläulichweiss, von feinzackigem Bruche und sehr porös; es steht in der Mitte zwischen grauem und weissem Roheisen. Kommen graues und weisses Roheisen gemeinschaftlich, aber ein jedes für sich in einem Stücke vor, so bezeichnet man das Roheisen mit streifig und spanglig, Roheisen mit grauer Naht oder Saum; kommen dagegen beide Roheisensorten, das eine in die Masse des andern zerstreut, vor, so heisst ein solches Roheisen halbirtes Roheisen oder Forelleneisen (fonte truitée, *motled iron*) und zwar schwachhalbirtes, wenn das graue Roheisen vorherrscht, und starkhalbirtes bei überwiegendem weissen Roheisen.

12. Weisses Roheisen bildet sich, wenn das aus dem Hohofen fliessende Roheisen durch möglichst schnelle Abkühlung, z. B. durch Giessen desselben in gusseiserne Formen oder in feuchten Sand, verhindert wird, seinen Kohlenstoff zum Theil als Graphit abzuscheiden. Ein Vorhandensein von grössern Mengen von Schwefel, Phosphor oder Mangan im Roheisen oder mangelnder Kohlenstoff begünstigen die Bildung von weissem Roheisen. Man erbläst es häufig absichtlich, um durch Frischen oder Puddeln Stabeisen oder Stahl darzustellen. An absoluter und relativer Festigkeit steht das weisse Roheisen dem grauen nicht unbedeutend nach. Karsten zieht in Bezug auf die absolute Festigkeit des grauen Roheisens aus den Versuchen von Tredgold, Muschenbroek u. A. den Schluss, dass diejenige Sorte, welche erst bei

einer Belastung von 18,000 Pfd. auf ein Quadratzoll Querschnittsfläche zerreisst, zu den besten Sorten zu rechnen sei; bei $^2/_3$ dieser Belastung wird die Elasticitätsgrenze (s. Seite 7) noch nicht überschritten. Die zur Ermittelung der relativen Festigkeit des grauen Roheisens angestellten Versuche sind nicht zuverlässig. Die rückwirkende Festigkeit ist beim weissen Roheisen grösser als beim grauen, bei letzterem grösser als beim Stabeisen. Das specifische Gewicht des weissen Roheisens ist im Durchschnitt 7,5, das des grauen 7,10; das Gewicht eines preussischen Kubikfusses Roheisen beträgt etwa 475 preussische Pfunde. Der Schmelzpunkt des Roheisens liegt durchschnittlich bei 1600° C. Weisses Roheisen schmilzt im Allgemeinen leichter als graues, ersteres ist gar nicht, letzteres nur mehr oder minder unvollkommen schweissbar. Flüssiges Roheisen hat ein grösseres Volumen als festes, dagegen nimmt das Roheisen, das fast bis zum Schmelzpunkte erhitzt ist, einen grösseren Raum ein als das geschmolzene Roheisen. Kaltes Roheisen sinkt in geschmolzenem Roheisen unter, während stark erhitztes darauf schwimmt. Daraus erklärt sich, warum sich das Roheisen so gut zum Giessen eignet. Indem das geschmolzene Metall in der Form fest zu werden beginnt, nimmt es einen etwas grösseren Raum ein und giebt demnach die Umrisse schärfer wieder. Nach völligem Erstarren zieht es sich selbstverständlich durch die fortschreitende Erkaltung zusammen. Bei der Anfertigung der Modelle muss auf das Schwindemaass des Eisens, d. h. auf das Verhältniss, nach welchem sich dasselbe im geschmolzenen Zustande ausdehnt und beim Erkalten wieder zusammenzieht, Rücksicht genommen werden. Graues Roheisen schwindet durchschnittlich $1^1/_2$ Proc. seiner Längendimensionen, weisses $2—2^1/_2$ Proc. Das weisse Roheisen ist im geschmolzenen Zustande dickflüssiger als das graue, erstarrt leichter in den Formen und füllt sie weniger gut aus; es eignet sich aus diesem Grunde weniger zur Giesserei, als zur Umwandelung in Schmiedeeisen und Stahl. Wird geschmolzenes weisses Roheisen rasch abgekühlt, so bleibt es unverändert, schmilzt man es aber bei starker Hitze und lässt es langsam abkühlen, so geht es in graues Roheisen über. Graues Roheisen geschmolzen und langsam abgekühlt verändert sich nicht, dagegen schnell abgekühlt, verwandelt es sich in weisses Roheisen.

Den Punkt mit Sicherheit anzugeben, bei welchem das Roheisen aufhört und der Stahl beginnt, ist ausserordentlich schwierig. Im Allgemeinen nennt man ein kohlenstoffhaltiges Eisen so lange noch Roh- oder Gusseisen, als es in der Kälte undehnbar ist und sich daraus bei langsamem Erkalten Graphit abscheidet, was noch bei 2,25—2,30 Proc. Kohlenstoffgehalt geschieht. Der Stahl ist, wenn er 1,75 Proc. Kohle enthält, nur wenig, bei 1,9 Proc. kaum schmiedbar, bei 2,0 Proc. geht er schon in Roheisen über.

Eigenschaften des Schmiedeeisens.

13. Das Schmiedeeisen, Stabeisen, Frischeisen (fer, *soft iron*, *wrought iron*), gleichviel ob es durch Entkohlung aus dem Roheisen oder direct aus den Eisenerzen gewonnen worden ist, unterscheidet sich dadurch von dem Roheisen, dass es im gewöhnlichen Ofenfeuer nicht geschmolzen werden kann, dagegen streckbar, schweissbar und weich ist. Der Kohlenstoffgehalt ist geringer als beim Stahl; ein Kohlengehalt von 0,5 bis 0,6 Proc. ist als die Grenze zu betrachten, als das Maximum, wenn das Product noch als Stabeisen betrachtet werden soll. In gutem, hartem Stabeisen sind mindestens noch 0,1 Proc. und im weichsten noch 0,02 Proc. Kohlenstoff enthalten. Mithin ist jedes Schmiedeeisen ein Gemenge von Eisen mit etwas Eisencarburet. Seine Farbe ist lichtgrau ins Hellbläulichgraue, fast Silberweisse, oder ins Dunkelgraue übergehend. Das Schmiedeeisen ist ein Aggregat von Fasern, welche nach der Ansicht von Fuchs durch Aneinanderreihung von höchst kleinen Krystallen gebildet sind. Durch heftige Erschütterungen, Stösse (wie z. B. bei Eisenbahnaxen) etc. wird der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilchen aufgehoben und die fasrige Textur geht in die körnige über, wodurch die Qualität des Eisens sich verschlechtert. Es ist bei weitem weicher als das weisse und hellgraue Gusseisen und lässt sich daher leicht feilen, mit Meissel, Hobelmaschine etc. bearbeiten. Durch Ablöschen in kaltem Wasser wird Schmiedeeisen nicht bedeutend härter. Von grosser technischer Wichtigkeit ist die Festigkeit des Stabeisens, an absoluter und relativer Festigkeit übertrifft es das Roheisen. Die absolute Festigkeit beträgt für den Quadratzoll bei geschmiedeten oder gewalzten Stäben 28,500—67,000 Pfund. Die Geschmeidigkeit des Schmiedeeisens räumt diesem Metall eine der ersten Stellen unter den geschmeidigen Metallen ein. Auf den Grad der Geschmeidigkeit des Schmiedeeisens sind Temperatur, chemische Beschaffenheit und mechanische Anordnung von Einfluss. Durch Erhitzen bis zum Glühen nimmt die Geschmeidigkeit zu. Dass die chemische Beschaffenheit von grossem Einflusse auf die Geschmeidigkeit des Schmiedeeisens ist, geht daraus hervor, dass diejenigen zufälligen Bestandtheile, die das Schmiedeeisen häufig verunreinigen, wie Phosphor, Schwefel und Silicium, das Eisen brüchig machen. So wird das Schmiedeeisen durch beigemengten Phosphor kaltbrüchig (cassant à froid, *cold short*), d. h. es ist in der Kälte spröde, lässt sich aber in der Hitze wie gutes Schmiedeeisen schmieden. Schwefel, ebenso Silicium und Kupfer, machen das Eisen rothbrüchig (cassant à chaud, *hot short*); es lässt sich dieses Eisen zwar in der Schweisshitze gut schweissen und schmieden, zeigt aber bei abnehmender Temperatur, besonders in der Rothglühhitze, beim Schmieden und Bearbeiten leicht Sprünge und Risse an den Kanten. Silicium macht, wenn es über

0,05 Proc. beträgt, das Eisen hart und mürbe (faulbrüchig). Durch Calcium verringert sich die Festigkeit und Schweissbarkeit (es wird hadrig). Die mechanische Anordnung ist endlich auch von grossem Einfluss auf die Geschmeidigkeit; durch Hämmern erleiden z. B. die Moleküle eines Eisenstabes eine Andersgruppirung und das Eisen wird härter, verliert an Geschmeidigkeit, gewinnt aber an Elasticität. Durch Ausglühen wird es wieder weich und geschmeidig. Das specifische Gewicht des Schmiedeeisens variirt zwischen 7,3 und 7,9, kann demnach durchschnittlich zu 7,6 angenommen werden. Das Gewicht eines preussischen Kubikfusses Schmiedeeisen lässt sich im Durchschnitte zu 514 preussischen Pfunden veranschlagen. Beim Erhitzen durchläuft das Schmiedeeisen folgende Stadien des Glühens:

Anlaufen des Eisens	bei 400° C.	Lichtes Glühen	bei 1200° C.
Anfang des Rothglühens	,, 525°	Weissglühen	,, 1300°
Dunkelrothglühen	,, 700°	Starkes Weissglühen	,, 1400°
Kirschroth	,, 800–1000°	Blendendes Weissglühen	,, 1500–1600°
Dunkelorange	,, 1100°	Schmiedeeisen schmilzt gegen	2000°

In der Weissglühhitze (Schweisshitze, chaude suante, *welding-heat*) erweicht das Schmiedeeisen dergestalt, dass es mit Leichtigkeit gebogen, gewalzt und durch den Hammer bearbeitet werden kann; getrennte Stücke lassen sich in diesem Zustande durch Druck gleichsam zusammenkneten oder schweissen. Die Schweissbarkeit, welche ausser dem Eisen nur noch dem Platin (Palladium, Kalium, Natrium) zukommt, begründet die Anwendung des Eisens zu geschmiedeten Gegenständen. Wird Schmiedeeisen an der Luft bis zum Glühen erhitzt, so oxydirt es sich oberflächlich und überzieht sich mit einer spröden, schwarzgrauen Rinde von Eisenoxyduloxyd (Glühspan, Hammerschlag, Schmiedesinter, Zunder, écailles, battiture de fer, pailles de fer, *scale*). Die Bildung dieses Oxydüberzuges ist nicht allein die Quelle von Verlust (Abbrand), sondern kann auch unter gewissen Verhältnissen einen eisernen Gegenstand unbrauchbar machen, wenn er sich z. B. unter dem Walzwerk in dasselbe eindrückt. Unter dem Hammer wird der Glühspan vollständig entfernt. Schmiedeeisen behält seine gute Beschaffenheit bei, wenn es unter einer Decke von Glühspan, Schlacken oder Sand (Schweisssand) schnell und bei möglichst abgehaltener Luft erhitzt wird (saftige Schweisshitze). Durch anhaltendes Glühen bei freiem Luftzutritte (trockne Schweisshitze) verliert es bedeutend von seiner Zähigkeit, wird mürbe und weich und heisst in diesem Zustande überwärmtes oder verbranntes Eisen. Man giebt solchem Eisen die gute Beschaffenheit dadurch wieder, dass man es mit geschmolzener Schlacke bedeckt, bis zum Weissglühen erhitzt und überschmiedet. Unganz (pailleux, cendreux) wird das Schmiedeeisen genannt, wenn der Zusammenhang im

Innern durch eingemengte Schlackentheilchen unterbrochen ist; bei der Verarbeitung lösen sich unganze Stellen von der Hauptmasse als Schiefer ab. Kleine unganze Stellen, die sich erst beim Poliren als graue Flecken bemerkbar machen, nennt man Aschenlöcher (cendrures).

14. Farbe und Glanz des Schmiedeeisens stehen in innigem Zusammenhange und diese Eigenschaften stehen in solcher Beziehung zur Zähigkeit und Dehnbarkeit, dass der Bruch ein untrügliches Kennzeichen für die Güte des Schmiedeeisens wird. Bei gutem Schmiedeeisen findet sich stets eine lichte Farbe bei geringem Glanze und eine dunkelgraue Farbe mit hohem Glanze. Schmiedeeisen von weisser Farbe und starkem Glanze, und dunkelaschgrauer Farbe und dabei glanzlos (matt) ist daher für spröde oder mürbe zu halten, selbst wenn der Bruch fasrig oder sehnig sein sollte.

Man unterscheidet verschiedene Sorten Schmiedeeisen, die jedoch fast immer auf eine der folgenden Modificationen zurückgeführt werden können:

1) Weiches und sehniges Eisen. Es ist die dehnbarste Varietät und lässt sich sowol kalt als warm biegen, ohne zu bersten; es zeigt grauweisse Fasern. Beim Schmieden verbrennt es leicht und verliert an Qualität, wobei es in weiches und sprödes Eisen (3) übergeht; in vielen Fällen zieht man daher die folgende kohlenstoffreichere Varietät vor.

2) Hartes und zähes Eisen (Feinkorneisen). Es kann kalt wie warm nach allen Richtungen gebogen werden, ohne Risse zu bekommen; es ist härter als die vorige Sorte. Im Essenfeuer wird es besser, und zwar wenn es kohlenstoffreich ist. Der eindringende Glühspan wird auf Kosten des Kohlenstoffs reducirt und das Eisen wird kohlenstoffärmer, aber weicher.

3) Weiches und sprödes Eisen entsteht, wenn weiches und zähes Eisen (1) beim Schmieden verbrennt. In der Wärme lässt es sich leicht biegen, in der Kälte bricht es. Seine Sprödigkeit hat in der mechanischen Beimengung von etwas Glühspan ihren Grund.

4) Hartes und sprödes Eisen hat in Folge fehlerhaften Frischens zu viel Kohle; es lässt sich nur schwer schmieden und bricht schon in der Kälte, zuweilen auch in der Wärme.

5) Weiches und brüchiges Eisen lässt sich in der Kälte schmieden und bei einiger Vorsicht auch biegen; unter heftigen Schlägen bricht es.

6) Hartes und brüchiges Eisen lässt sich warm biegen, kalt bricht es mit Leichtigkeit (kaltbrüchig).

7) Hartes und rothbrüchiges Eisen lässt sich kalt biegen, bricht aber in der Rothglühhitze.

15. Die Güte des Schmiedeeisens ist im Allgemeinen von der Festigkeit und Geschmeidigkeit desselben abhängig. Das Ansehn der frischen

Bruchfläche kann schon als Werthmesser für die Qualität des Eisens dienen. Andere Proben zur Beurtheilung der Güte der Eisenstäbe sind folgende: 1) die Wurfprobe, wobei die zu prüfende Eisenstange von einer bestimmten Höhe oder auch nur mit hochgehobenem Arme des Arbeiters auf einen schmalrückigen Ambos oder auf einen Steinblock geworfen wird, wobei kein Bruch erfolgen darf; 2) die Fallprobe, bei welcher man ein bestimmtes Gewicht von bestimmter Höhe auf die hohlliegende Mitte des von zwei Unterlagen gestützten Eisenstabes fallen lässt; 3) die Krümmungsprobe; man schlägt den hohlliegenden Stab an beiden Enden und in der Mitte krumm und darauf wieder gerade; 4) die Biegungsprobe; man biegt einen Eisenstab an der nämlichen Stelle hin und her bis zum Eintreten des Bruches und notirt die Anzahl der erforderlich gewesenen Biegungen; 5) die heisse Probe; das Eisen wird bis zur Gelbweissglühhitze erhitzt und dann ausgebreitet, gebogen und gelocht, es darf weder Kantenrisse noch Brüche bekommen; 6) die Feilenprobe; es wird die Oberfläche blank gefeilt, um zu sehen, ob sich unganze Stellen und Aschenlöcher, Längenrisse u. dgl. zeigen; 7) die Aetzprobe; es wird das blank gefeilte Stück in Wasser gebracht, das mit Schwefelsäure oder Salpetersäure angesäuert worden ist; eine mehr oder weniger fleckige oder streifige Beschaffenheit der Oberfläche giebt unganze Stellen und Risse zu erkennen.

Was die Anwendbarkeit der verschiedenen Stabeisensorten für praktische Zwecke betrifft, so ist hartes krystallinisches Eisen überall dort vorzuziehen, wo der Reibung zu widerstehen ist, wie z. B. zu den äussersten Theilen der Tyres, zu den Köpfen der Eisenbahnschienen, ferner zu Gegenständen, welche eine dauernde Politur erhalten sollen. Zähes fadiges Eisen eignet sich dagegen am besten für Maschinentheile, den Fuss von Eisenbahnschienen, für Ketten und Anker, überhaupt für Gegenstände, bei welchen Widerstandsfähigkeit gegen Last und Schlag Haupterforderniss ist.

Eigenschaften des Stahls.

16. Der Stahl (acier, *steel*) ist ein kohlenstoffhaltiges Eisen, dessen Kohlengehalt in der Mitte zwischen dem des Roheisens und des Schmiedeeisens steht. Ausser dem Kohlenstoff finden sich besonders Mangan und Silicium im Stahle; in geringen Mengen können jedoch alle diejenigen Körper vorkommen, welche (wie Schwefel, Phosphor, Aluminium, Calcium) sich als Verunreinigungen im Roheisen und im Schmiedeeisen finden. In jüngster Zeit haben einige Metallurgen auch dem Stickstoff eine Rolle als wesentlichen Bestandtheil des Stahls vindicirt; jedoch ist mit Recht diese Ansicht stark bestritten worden, wofern sie nebst dem Vorhandensein des Stickstoffs dessen unbedingte Nothwendigkeit behaupten will. Der Gehalt an Kohlenstoff ist nie geringer als

0,6 Proc., selten höher als 1,6 [1]). Die Farbe des Stahls ist graulichweiss, zuweilen fast rein weiss, so dass Stahl und Schmiedeeisen im polirten Zustande nicht immer durch ihre Farbe, ebenso wenig als durch ihren Glanz von einander unterschieden werden können. Die körnig zackige Textur des Stahles ist charakteristisch; guter weicher Stahl geht nie weder in die grobkörnige Textur des grauen Roheisens, noch in das Sehnige des Schmiedeeisens über. Je dichter und gleichartiger das Korn, desto besser ist der Stahl. Gehärteter Stahl gleicht auf seiner Bruchfläche dem feinsten Silber und die Körner sind kaum mit unbewaffnetem Auge zu unterscheiden. Das specifische Gewicht der verschiedenen Stahlsorten fällt zwischen 7,5 und 7,81, als Durchschnitt nimmt man 7,7 an. Ein preussischer Kubikfuss Stahl wiegt ungefähr 475 Pfund; am dichtesten ist Gussstahl, weniger dicht Cementstahl. Bei ungehärtetem Stahl ist die Dichte grösser, als bei gehärtetem. Die Härte des Stahls ist eine seiner technisch wichtigsten Eigenschaften. Selbst ungehärteter Stahl ist härter als das Schmiedeeisen. Gehärteter Stahl nimmt aber eine solche Härte an, dass er von der besten Feile nicht angegriffen wird und Glas schneidet, obgleich er nie den hohen Härtegrad des weissen Roheisens, besonders des Spiegeleisens ganz erreicht. An absoluter Festigkeit und an Elasticität übertrifft der ungehärtete Stahl das Schmiedeeisen fast um das Doppelte. Man kann annehmen, dass die Festigkeit für einen Querschnitt von 1 Quadratzoll rhein. wenigstens 120,000 preussische Pfunde beträgt. Durch das Härten nimmt die Festigkeit des Stahles etwas ab (bis auf 110,000 Pfund); durch Wiedererwärmen bis auf einen gewissen Grad kann sich die Festigkeit bis auf 130,000, ja selbst bis auf 150,000 Pfd. steigern. Der Stahl kann, wie aus in dieser Hinsicht angestellten Versuchen hervorzugehen scheint, mehr als $^1/_2$, vielleicht $^2/_3$ der angegebenen Belastung tragen, ohne dass die Elasticitätsgrenze überschritten wird. Ueber die relative und rückwirkende Festigkeit des Stahls ist mit Sicherheit nichts bekannt. Man kann jedoch annehmen, dass Stäbe aus gehärtetem und wieder angelassenem Stahle bei möglichster Dünne das geeignetste Material seien, um hängend oder stützend grosse Lasten zu tragen. Die als Elasticität auftretende Biegsamkeit, welche gutem Stahle in hohem Grade zukommt, nimmt mit der Härte ab. Man verzichtet deshalb auf hohen Härtegrad, wenn grosse Festigkeit verlangt wird, und umgekehrt. Gehärteter Stahl ist so spröde, dass er unter dem Hammer springt, je höher aber weicher und gehärteter Stahl er-

1) Der Kohlenstoff ist zum grössten Theile als Carburet, in geringer Menge als Graphit vorhanden, so fand sich in folgenden Stahlsorten

	1.	2.	3.
Kohlenstoff als Carburet	1,730	1,380	1,02
,, ,, Graphit	0,010	Spur	0,15

1. Gussstahl von Schmalkalden. 2. Puddelstahl. 3. Russische Gussstahlkanone.

hitzt werden, desto geschmeidiger zeigen sich beide. Der Schmelzpunkt des Stahls liegt zwischen dem des Roheisens und dem des Schmiedeeisens, demnach bei 1700 bis 1900° C. Bis zum Weissglühen erhitzt, erweicht der Stahl und lässt sich in diesem Zustande schweissen, und zwar kann nicht blos Stahl mit Stahl, sondern auch Stahl mit Schmiedeeisen zusammengeschweisst werden. Zu häufiges und zu starkes Glühen macht den Stahl grobkörnig und mürb (überhitzter, auch verbrannter Stahl) und wandelt ihn in ein dem Schmiedeeisen nahestehendes Eisen um. Soll Stahl geschmolzen werden, ohne dass derselbe an Qualität verliert, so muss er weder der Luft ausgesetzt, noch unter einer Kohlenschicht, sondern unter einer Sand- oder Schlackendecke geschmolzen werden.

17. Man unterscheidet weichen oder ungehärteten und harten oder gehärteten Stahl. Weicher Stahl wird in harten übergeführt, wenn man glühenden Stahl plötzlich erkalten lässt. Je grösser die Temperaturdifferenz ist und je schneller der Stahl erkaltet, desto grössere Härte nimmt derselbe an. Das Härten des Stahls (tremper, *hardening*) geschieht meist auf die Weise, dass man ihn glühend in eine kalte Flüssigkeit taucht. Wird weissglühender Stahl in kaltes Quecksilber getaucht, so nimmt derselbe einen Härtegrad an, welcher dem des weissen Roheisens nahekommt. In der Regel geschieht das Härten in kaltem Wasser, und zwar in fliessendem, wenn grössere Gegenstände gehärtet werden sollen. Weiches Wasser härtet weniger als hartes, mineralische Bestandtheile enthaltendes, oder Salzwasser. Zum Härten von Patrizen für Graveure, Wagenfedern hat man Weingeist oder ein Gemisch von Kreide und Weingeist, zum Härten von Schneideinstrumenten und stählernen Wellengetrieben für Uhrmacher Talg oder Oel vorgeschlagen. Oele und Fette geben geringere Härtegrade als Wasser. Ein Stahlstück wird auch gehärtet, wenn es in glühendem Zustande an einem kalten Körper, z. B. zwischen den Backen eines Schraubstocks, oder durch schnelles Schwingen in der Luft abgekühlt wird. Stahl, welcher weissglühend in einer kalten Flüssigkeit abgelöscht wurde, heisst glashart, entweder weil er spröde ist wie Glas oder weil er Glas ritzt. Zu den meisten Zwecken verlangt man aber einen minder harten und mehr elastischen Stahl, was durch die Operation des Anlassens (Nachlassen, Adouciren, Tempern, recuire, faire revenir, *tempering*) erreicht wird. Erhitzt man ein Stück blanken Stahles an der Luft, so sieht man, während er die verschiedenen Temperaturgrade bis zum Rothglühen durchläuft, auf seiner Oberfläche Farben (Anlauffarben, couleurs du recuit, *tempering colours*) erscheinen, von denen bei zunehmender Hitze die eine nach und nach in der anderen sich verliert, bis endlich die Farben in der Rothglühhitze vollständig verschwinden. Die verschiedenen Farben kommen bei genau bestimmten Temperaturen zum Vorschein, und zwar blassgelb bei 220°,

strohgelb bei 232°, goldgelb bei 243°, braun bei 254°, purpurfleckig bei 266°, purpurfarben bei 277°, hellblau bei 288°, dunkelblau bei 293°, schwarzblau bei 316°. Bei 360° verschwinden die Farben. Diese Anlauffarben haben in einer dünnen Oxydschicht, welche die Farben dünner Schichten zeigt, ihren Grund. Je stärker glasharter Stahl angelassen wird, d. h. je mehr man ihn erwärmt, desto weicher wird er. Man benutzt nun die Anlauffarben zur richtigen Beurtheilung der mehr oder weniger bedeutenden Härtegrade, welche den Stahlwaaren durch das Anlassen ertheilt werden muss. Da es mit Schwierigkeiten verknüpft ist, ein Stahlstück auf der Oberfläche überall gleichförmig zu erhitzen, so wendet man jetzt allgemein Metallbäder aus Zinn und Blei von bestimmtem Schmelzpunkte an, in welche man die glasharten Stahlstücke so lange taucht, bis sie die Temperatur des Bades angenommen haben. Folgende Zusammenstellung giebt die Zusammensetzung des Metallbades an, wie sie für das Anlassen verschiedener schneidender Stahlinstrumente durch die Praxis als zweckmässig befunden worden ist:

Name des Instrumentes.	Metallbad.		Schmelzpunkt.	Anlauffarbe.
	Blei.	Zinn.		
Lanzetten	7	4	216°	Kaum blassgelb
Rasirmesser	8	4	228°	Blassgelb bis strohgelb
Federmesser	8½	4	232°	Strohgelb
Scheeren	14	4	254°	Braun
Aexte, Hobeleisen, Taschenmesser	19	4	265°	Purpurfleckig
Klingen, Uhrfedern und Federn anderer Art	48	4	288°	Hellblau
Dolche, Bohrer, feine Sägen	50	2	292°	Dunkelblau
Handsägen, Stichsägen	in siedendem Leinöl		322°	Schwarzblau.

Stahlstücke, welche eine der dunkelvioletten Anlauffarbe entsprechende Härte erhalten sollen, werden durch das Abbrennen (*blazing off*) angelassen, indem man sie mit Oel oder Talg bestrichen so lange über Kohlen erhitzt, bis die Fettsubstanz zu brennen beginnt. Bei vielen Werkzeugen werden nur einzelne Theile nachgelassen oder auch nach Befinden ganz weich gemacht, so z. B. an Sägeblättern, die zur Befestigung zu durchlöchernden Enden. In jüngster Zeit hat v. Waltenhofen gefunden, dass die Bestimmung des Härtegrades einer Stahlsorte mit der Ermittelung der Coërcitivkraft auf elektromagnetischem Wege zusammenfällt.

18. Durch Kohle wird der Stahl bei höherer Temperatur in Roheisen verwandelt. Schwefel und Phosphor bewirken, dass Stahl bei einer niedrigeren Temperatur schweisst, sind aber sonst schädlich. Silicium wirkt schon bei 0,05 Proc. nachtheilig (Karsten). Nach Schafhäutl ist eine gewisse Menge von Silicium (bis zu etwa 0,2 Proc.) zur Bildung von Stahl unumgänglich, indem er den Beweis

liefert, dass siliciumfreies Kohleeisen von dem Kohlenstoffgehalte des Stahls durch Ablöschen in Wasser nicht gehärtet werden kann. Mangan wurde früher für ein Verbesserungsmittel des Stahles gehalten, welche Ansicht aber in neuerer Zeit dadurch widerlegt wurde, dass die Analyse der besten Stahlsorten kein Mangan ergab. Nickel und Chrom machen den Stahl zur Damascirung fähig. Wolfram soll dem Stahl (Wolframstahl) grosse Härte ertheilen. Silber erhöht die Härte des Stahles, Kupfer beeinträchtigt die Qualität. Aluminium soll dem geschätzten ostindischen Wootzstahl seine Güte ertheilen.

Man gewinnt den Stahl auf viererlei Weise, nämlich:

1) direct aus den Eisenerzen;
2) durch theilweise Entkohlung des Roheisens;
3) durch Kohlung (Cementation) des Schmiedeeisens;
4) durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen.

Den aus dem Roheisen dargestellten Stahl nennt man, wenn der Frischprocess angewendet wurde, Roh-, Frisch-, Schmelzstahl oder Mock (acier brut, acier de fonte, *natural steel, rough steel, furnace steel*), bei Anwendung des Puddlingsprocesses dagegen Puddlingsstahl. Der durch Cementation aus dem Schmiedeeisen erhaltene Stahl heisst Cement- oder Brennstahl (acier de cémentation, *steel of cementation*). Durch Umschmelzen beider Stahlsorten, namentlich des Cementstahles, so wie durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen erhält man den Gussstahl (acier fondu, *cast-steel*). Nach ihrer Verwendung unterscheidet man die Stahlsorten als Instrumenten- und Werkzeugstahl, zu welchem die besten Sorten Roh- und Cementstahl verwendet werden, und als Massen- oder Maschinengussstahl, von welchem man, da er häufig statt Eisen Verwendung findet, Wohlfeilheit und leichte Verarbeitbarkeit verlangt.

Guter Stahl ist dadurch charakterisirt, dass er

1) bei feinem gleichmässigem Korne und gleichmässiger Farbe durch Ablöschen aus der Dunkelrothglühhitze die grösste und gleichmässigste Härte annimmt und auf dem Bruche eine Rose erhält;
2) beim höchsten Anlaufgrade am wenigsten von seiner Härte verliert und sich, ohne Brüche oder Risse zu erhalten, schweissen lässt.

Durch Aetzen von angelassenem Stahl mit Salpetersäure oder Salzsäure lässt sich die Textur des Stahles bloslegen und dadurch seine Qualität ermitteln.

Unterschied zwischen Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen.

19. Es ist kein Zweifel, dass die Verschiedenheit zwischen Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen durch verschiedenen Gehalt an Kohlenstoff bedingt ist, dass, anders ausgedrückt, eine verschiedene Quantität Kohlen-

stoff das reine Eisen in Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen verwandelt. Ist es wahr, dass der Gehalt an Kohlenstoff in einem Eisen ein genügendes Kriterium zur Aufstellung einer scharfen Grenze zwischen den drei technisch wichtigen Eisensorten abgiebt, so ist unter Vernachlässigung anderer Bestandtheile Eisen mit einem Kohlenstoffgehalte

	bis etwa	0,65	Proc.	Schmiedeeisen
von ungefähr 0,65	,,	,,	2,30	,,	Stahl
,, ,, 2,30	,,	,,	5,75	,,	Roheisen.

Ein Eisen, das 0,65 Proc. Kohlenstoff enthält, giebt nach dem Ablöschen im Wasser am Feuersteine Funken. Ein solches Eisen ist schon für Stahl anzusehen. Bei 1,4—1,5 Proc. Kohlenstoff zeigt der Stahl nach dem Härten einen grossen Härtegrad und das Maximum der Festigkeit. Bei zunehmendem Kohlenstoff nimmt die Härte zu, die Festigkeit und Schweissbarkeit aber ab. Bei 1,75 Proc. Kohle ist er noch etwas schweissbar, aber in der Kälte noch dehnbar und scheidet noch keinen Kohlenstoff als Graphit aus. Undehnbarkeit in der Kälte und Graphitausscheidung treten erst bei 2,30 Proc. Kohlenstoffgehalt ein. Aus dem Kohlenstoffgehalte allein lässt sich aber keineswegs die Grenze zwischen Schmiedeeisen und Stahl, zwischen Stahl und Roheisen ziehen, weil die anderen Bestandtheile des Eisens (Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsen, vielleicht auch der in jüngster Zeit viel genannte Stickstoff) von Einfluss auf die Eigenschaften des Eisens sind. Das Eisen wird so lange Schmiedeeisen zu nennen sein, als es die Eigenschaft besitzt, nach dem Ablöschen nicht merklich an Härte zuzunehmen. Stahl wird jedes schmied- und schweissbare Eisen genannt, das nach dem Ablöschen in Wasser am Feuersteine Funken giebt. Roheisen ist das nicht mehr hämmerbare und schweissbare Eisen, welches undehnbar ist in der Kälte und geschmolzen und langsam abgekühlt Kohlenstoff als Graphit ausscheidet.

Eisenerze.

20. Mit dem Namen Eisenerze oder Eisensteine (minerais de fer, *iron-ores*) bezeichnet man diejenigen Mineralien oder Mineralgemenge, welche in dem Grade eisenhaltig und frei von schädlichen Bestandtheilen sind, dass daraus ein zu technischen Zwecken verwendbares Eisen mit Vortheil dargestellt werden kann. Die mineralogischen Species, welche diesen Anforderungen genügen, sind folgende:

1) Magneteisenstein (fer oxydulé, aimant, *magnetic ironstone*, *magnetic iron-ore*), $Fe_2O_3 + FeO = Fe_3O_4$ mit 72,4 Proc. Eisen, gehört zu den wichtigsten Eisenerzen und ist besonders von grosser Bedeutung für die Eisenproduction in Norwegen, Schweden und Russland. Ist er frei von nachtheiligen Beimengungen, zu denen u. A. Schwefelkies, Apatit, Schwerspath gehören, so kann er das vorzüglichste

Eisen liefern, wie es z. B. das aus dem reinen Magneteisenstein von Danemora in Schweden erzeugte Oeregrunds-Eisen zeigt, welches sowol zum Frischen und zur Cementstahlbereitung dient, als auch ein vorzügliches Material für die Giesserei (schwedisches Kanoneneisen) ausmacht. Sehr verschieden verhält sich der Magneteisenstein hinsichtlich seiner Leicht- und Strengflüssigkeit, der leichtern oder schwerern Reductionsfähigkeit. Es hat hierauf das Gefüge einen wesentlichen Einfluss. Vorzüglich wirken aber auch die begleitenden Mineralien und die Art, wie sie mit dem Magneteisen verbunden sind. Wird z. B. das Erz im dichten Zustande von Quarz begleitet, so gehört es zu den sehr strengflüssigen, wogegen eine Beimengung von Granat, Kalkspath, Hornblende so günstig auf den Schmelzprocess und die Schlackenbildung wirken kann, dass der Magneteisenstein ohne weiteren Zuschlag zugutegemacht werden kann. Ausser in Schweden und Norwegen (Arendal) findet sich der Magneteisenstein am Ural, in Schlesien, Thüringen, am Harz, in Oesterreich, Piemont (Traversella), Algerien, Nordamerika.

2) Eisenglanz (fer oligiste, *iron-glance*), $Fe_2 O_3$ mit 69,99 Proc. Eisen, und der gleich zusammengesetzte Rotheisenstein (fer oxidé rouge, *red iron-ore*) liefern beide, wenn sie frei von nachtheiligen Beimengungen sind, ein für die Giesserei, wie für die Schmiedeeisengewinnung gleich gut geeignetes, gewöhnlich graues Roheisen. Dichtes Gefüge und Beimengungen von Quarz machen sie oft sehr strengflüssig, wogegen eine lockere Beschaffenheit, so wie das gleichzeitige Vorkommen mit leicht schmelzbaren Silicaten oder mit Kalkspath, Flussspath ihre Zugutemachung auch nicht selten erleichtern. Die thonigen, kalkigen und mergeligen Rotheisensteine geben ihrer Natur nach zwar einen geringern Ertrag, lassen sich aber gewöhnlich leicht verschmelzen. Zu den nachtheiligen Beimengungen gehören Schwefelkies, Schwerspath und Apatit. Eine der bedeutendsten Eisenglanzlagerstätten ist die auf der Insel Elba. Der Rotheisenstein ist eines der am häufigsten zur Eisengewinnung benutzten Erze; der bei weitem grösste Theil des Eisens, das in Sachsen, auf dem Harz, in Nassau, Westphalen, Siegen, Hessen, Waldeck, Württemberg u. s. w. ausgebracht wird, rührt von dem Rotheisenstein her.

3) Der Spatheisenstein oder Eisenspath (kohlensaures Eisenoxydul, Stahlstein, Weisserz, Pflinz, Knopprüssel, fer carbonaté, fer spathique, mine de fer blanche, mine d'acier, *spatic iron, sparry iron-ore*) kommt theils in mit dem Kalkspath isomorphen Rhomboëdern, theils kuglig und nierenförmig als Sphärosiderit vor und ist der Hauptbestandtheil der metallführenden Gebirgsformation. Seine Formel ist FeO, CO_2, sein Eisengehalt 48,3 Proc.; er enthält jedoch gewöhnlich einige Procente kohlensaures Manganoxydul, nicht selten auch kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia. Durch Verwitterung, wodurch er in Braunerz übergeht, wird er zur Zugutemachung taug-

licher. Besondere Fundorte des Spatheisensteins sind der Harz, die Gegend von Siegen, der Stahlberg bei Müsen in Westphalen, Nassau, der Stahlberg bei Schmalkalden, der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark etc. Der thonige Sphärosiderit oder Thoneisenstein, auch Clayband genannt (fer carbonaté lithoïde, fer carb. des houillères, *clay iron-ore*), ist ein inniges Gemenge von Spatheisenstein mit Thonmineralien. Er findet sich besonders reichlich in der Steinkohlenformation Englands, namentlich in den Kohlenfeldern von Staffordshire und South-Wales.

Mit dem Namen Kohleneisenstein oder Blackband bezeichnet man ein Gemenge von Spatheisenstein mit Kohle und Schieferthon, welcher flötzartig in den oberen Gebilden der Steinkohlenformation abgelagert vorkommt. Die runden, mehr kugelförmigen Nieren, welche gewöhnlich zugleich die reichsten sind, werden *gubbin*, die platten und gewöhnlich eisenärmeren *blue-flat* genannt. Für die Eisengewinnung ist dieses Eisenerz von sehr grosser Bedeutung. Da es häufig in Begleitung von Steinkohlen vorkommt, so kann es meist mit diesen gemeinschaftlich gewonnen werden. Hierdurch wird die Eisenproduction Grossbritanniens, wo bei weitem der grösste Theil des Eisens aus Thon- und Kohleneisenstein erfolgt, so ausserordentlich begünstigt. Ausser in England und Schottland findet sich der Blackband in Westphalen, in Niederschlesien und im Banate. Die schottischen Kohleneisensteine enthalten durchschnittlich 30—40 Proc. Eisen. Wenngleich dieses Erz einen sehr schwankenden und nie hohen Eisengehalt zeigt, so pflegt doch seine Zusammensetzung der Verschmelzung günstig zu sein und nur selten etwas zu enthalten, was auf das darzustellende Eisen nachtheilig einwirkt.

21. Aus dem Spatheisenstein, so wie aus kiesigen Eisenerzen (Schwefel- und Strahlkies, Magnetkies) entsteht durch die Einwirkung von Luft und von kohlensäurehaltigem Wasser als secundäres Product

4) der Brauneisenstein (fer oxidé brun, hématite brune, *brown iron-ore*), Eisenoxydhydrat, welches als Nadeleisenerz Fe_2O_3, HO und als Brauneisenerz, $2 Fe_2O_3, 3 HO$ vorkommt. Die Brauneisensteine kommen vor in Nassau, Steiermark, Oberschlesien, in Württemberg, im Schwarzwalde, im Fichtelgebirge, in Böhmen, Thüringen, Belgien, England, Spanien. Nach dem Rösten, wobei sie ihr Wasser verlieren und porös werden, reduciren sie sich leicht und geben gute Rohstahleisen und graue Roheisen. Sehr häufig ist der Brauneisenstein mit Thon gemengt und bildet so die Varietäten brauner Thoneisenstein und das Bohnerz (mine de fer en grains), kuglige Körner meist mit concentrisch schaliger Absonderung. Mit dem Namen

5) Gelbeisenstein bezeichnet man alle Eisenoxydhydraterze von ocker- bis braungelber Farbe, sie sind meist Gemenge und enthalten mehr Wasser als das Brauneisenerz. Hierher dürfte auch der Bauxit,

ein im südlichen Frankreich vorkommendes Gemenge von Eisenoxydhydrat mit Thonerdehydrat, zu rechnen sein.

6) Der Raseneisenstein (Sumpf-, Morast-, See-, Wiesenerz, Ortstein, Oehr, Limonit, fer oxidé brun limoné, mine de marais, *bog iron-ore*, *swamp-ore*) ist ein Erzeugniss neueren Ursprungs und bildet sich noch immer fort. Er findet sich im Norden Deutschlands, in Holland, Dänemark, Schweden u. s. w. vorzüglich in Sand- und Heidegegenden, in Sümpfen und Torfmooren, weniger in Seen. Er entsteht durch die Einwirkung von Wasser, welches kohlensaures Eisenoxydul gelöst enthält, auf Vegetabilien; er kommt in knolligen und schlammähnlichen Massen von brauner oder schwarzer Farbe vor und besteht aus Eisenoxydhydrat, Manganoxyd, Phosphorsäure, organischen Bestandtheilen (Humussäure, Quellsatzsäure) und Sand. Er gehört zu den sehr leicht flüssigen und leicht reducirbaren Eisenerzen. Das daraus gewonnene Roheisen wird theils zum Guss benutzt, wozu es sich wegen seiner Dünnflüssigkeit und weil es die Formen gut ausfüllt, besonders eignet, theils aber auch in Schmiedeeisen verwandelt, welches jedoch in Folge des Phosphorgehaltes kaltbrüchig wird.

7) Der Franklinit (Fe_2O_3, ZnO mit 45 Proc. Eisen und 21 Proc. Zink, ausserdem auch noch Mangan bis zu 9 Proc. enthaltend) wird neuerlich in Nordamerika (New-Jersey) ebenfalls als Eisenerz verwendet, zugleich aber wird Zink daraus gewonnen.

8) Die Kieseleisensteine, Verbindungen der Kieselsäure mit Eisenoxydul und mit Eisenoxyd, wie sie hier und da, namentlich in den Bohnerzen der Juraformation sich finden, haben als Eisenerze eine untergeordnete Bedeutung.

22. Die Schmelzwürdigkeit der Eisenerze hängt ab von ihrem Eisengehalte, der in der Regel nicht unter 15 Proc. betragen soll, und von der Art und Weise, wie das Eisen in dem Eisenerz vorkommt. Ein lockeres Eisenerz wird, indem es dem Kohlenoxyd einzudringen gestattet, bei selbst niedrigerem Eisengehalte stets schmelzwürdiger sein als ein dichtes Eisenerz. Betreffs der Reducirbarkeit theilt man die Eisenerze ein in leicht und schwer reducirbare. Zu den ersteren gehören Eisenspath und Brauneisenstein und überhaupt diejenigen Eisenerze, welche bei der vorbereitenden Röstung eine poröse Beschaffenheit annehmen, die es den reducirenden Gasen ermöglicht, schnell zu schmelzen und zu reduciren. Schwer reducirbare Eisenerze sind: Magneteisenstein, Eisenglanz und Rotheisenstein. In Bezug auf die Schmelzbarkeit kommen aber auch die fremden Beimengungen der Qualität und Quantität nach in Betracht. Zu den Verbindungen, welche einen schädlichen Einfluss auf das auszubringende Eisen ausüben, gehören schwefelhaltige Verbindungen (Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Schwerspath), phosphorhaltige (Apatit und phosphorsaures Eisenoxyd), arsenhaltige (Arsenikkies, arseniksaures Eisenoxyd) und titan-

haltige, insofern letztere die Beschickung strengflüssig machen. Vortheilhaft dagegen wirken Mangan und seines Mangangehaltes wegen der Braunspath.

Ausser den Eisenerzen finden zur Darstellung des Eisens noch gewisse eisenhaltige Substanzen Anwendung, welche entweder für sich — wie Frisch- und Puddelschlacken — oder in Combination mit Eisenerzen — wie Bohr- und Drehspäne, Glühspan, Abfälle von Schmiedeeisen, Bruchstücke von Roheisen — dem Hohofen übergeben werden.

Darstellung des Roheisens.

23. Die mechanische Aufbereitung der Eisenerze ist sehr einfach und zwar aus dem Grunde, weil Erze, welche eine complicirte Aufbereitung bedürfen, wegen des niedrigen Preises des Eisens nicht benutzt werden können. Die Aufbereitung besteht einfach in der Handscheidung und Klaubbarkeit zur Entfernung des tauben Gesteins und der schädlichen Stoffe (wie Schwefelmetalle, Schwerspath, Gyps). Damit die Reduction des Eisenoxydes im Eisensteine gehörig vor sich gehen kann, müssen die Stücke eine ihrer Reducirbarkeit und Strengflüssigkeit entsprechende Grösse erhalten. Die Zerkleinerung geschieht theils durch Pochen, theils durch Quetschen und Walzwerke (machine à broyer, *crushing machine*), sie wird erleichtert, wenn die Erze zuvor durch die vorbereitenden Arbeiten der Verwitterung und Röstung mürbe gemacht wurden. Der Einfluss der Verwitterung (oder des Abliegens) besteht 1) in einer theilweisen Entfernung des Schwefelgehaltes, indem die den Erzen beigemengten Schwefelmetalle, wie Schwefelkies, Kupferkies u. a., zu schwefelsauren Salzen oxydirt und diese dann, ebenso wie vielleicht vorhandener Gyps durch den Regen ausgewaschen werden; 2) in einer Auflockerung, d. h. Vermehrung der Porosität der Erze; diese letztere kann vor sich gehen, wie bei dem Spatheisenstein oder Sphärosiderit, durch höhere Oxydation, wodurch sie einer mechanischen Veränderung in der Gruppirung ihrer Moleküle unterliegen, oder auch einfach auf mechanischem Wege, indem Feuchtigkeit eindringt und dieselbe im Winter gefriert. Zur Einleitung des Verwitterungsprocesses werden die gerösteten oder noch ungerösteten Erze an einem Haufen aufgestürzt, welcher der Witterung möglichst ausgesetzt ist; doch wird kein Eisenerz, selbst unter den günstigsten nahe liegenden Verhältnissen, in kürzerer Zeit als in zwei Jahren hinreichend verändert. Das Rösten der Eisenerze besteht in einem Erhitzen bei Luftzutritt, wodurch man dasselbe, wie durch das Verwittern, aber schneller und vollständiger erreicht. Ausser dass die Porosität der Erze durch das Rösten vermehrt wird, werden auch dadurch theils durch die Wirkung der Wärme, theils auch durch Oxydation gewisse nachtheilige Bestandtheile entfernt, so z. B. das Wasser, die Kohlensäure

und kohlige Theile aus Spath- und Brauneisensteinen, indem bei dem grossen Drucke der Erzschichten im Ofenschachte das Entweichen dieser Bestandtheile erschwert ist, weshalb die Erze länger unverändert bleiben würden. Es wird ferner durch das Rösten der Schwefel und das Arsen abgeschieden. Eine mittlere Rothglühhitze ist die geeignetste Temperatur zum Rösten. Eine zu hohe Temperatur würde Zusammensinterung der Erze bewirken und der Hauptzweck der Röstung, Auflockerung, würde verfehlt werden. Das Rösten geschieht entweder im Freien in Haufen oder Meilern (en tas), oder zwischen Mauern in sogenannten Röststadeln, oder endlich in Oefen, Röstöfen.

24. Nur wenige Eisensteine haben einen solchen Eisengehalt und die schlackebildenden Bestandtheile in solcher Menge, dass sie für sich verschmolzen werden könnten, fast in allen Fällen bedürfen dieselben, damit das Eisen möglichst vollständig ausgeschieden werde, einer Gattirung und Beschickung. Zum Zweck des Gattirens mengt man ärmere und reichere Eisensteine, so dass ein Durchschnittsgehalt resultirt, der sich auf den einzelnen Eisenwerken für das Eisenausbringen am vortheilhaftesten herausgestellt hat. Der durchschnittliche Eisengehalt der gattirten Eisenerze schwankt in der Regel zwischen 30 und 50 Proc. Mit der Beschickung sucht man den Erden- und Kieselerdegehalt durch Zusatz passender Zuschläge zur Schlackenbildung zu disponiren. Bei der Beschickung ist den stöchiometrischen Verhältnissen Rechnung zu tragen und der Isomorphismus nicht unberücksichtigt zu lassen. Die Zusammensetzung der Beschickung ist im Allgemeinen so zu wählen, dass der Schmelzpunkt der Schlacke auf alle Fälle weit über dem Schmelzpunkt des Roheisens liegt, um die Bildung einer eisenoxydulreichen Schlacke zu verhindern. Die Schmelzung der Schlacke soll nicht eher erfolgen, als die Reduction und Kohlung des Eisens beendigt ist. Bei der Wahl eines Silicates ist auch die Beschaffenheit des Brennstoffes von Einfluss. Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei Holzkohlenbetrieb die günstigste Verbindung $Al_2 O_3, SiO_3 + 3 CaO, 2 SiO_3$, welche erst bei 1900° schmilzt (während der Schmelzpunkt des Roheisens bei 1600° liegt), zu sein pflegt. Bei Anwendung von mineralischen Brennstoffen (Koks, Steinkohlen), welche in der Regel Schwefel als Schwefelkies und Gyps enthalten, muss behufs der Entfernung des Schwefels der Kalkgehalt grösser sein; es empfiehlt sich hierzu die Verbindung $Al_2 O_3, SiO_3 + SiO_3, 3 CaO$.

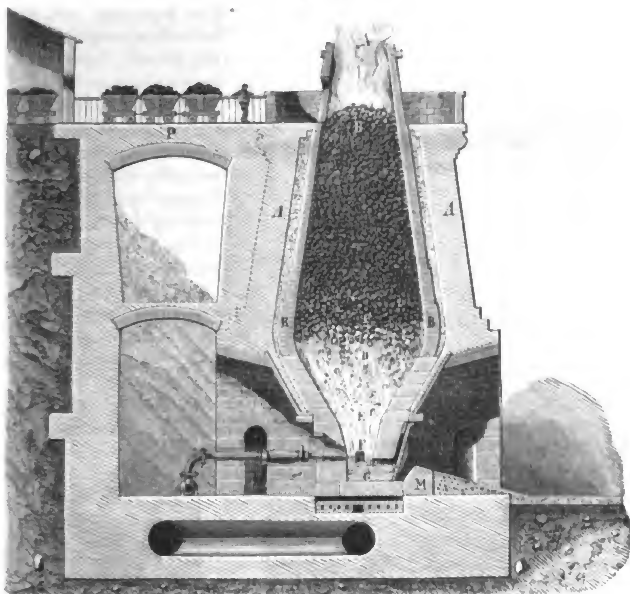
25. Der Schmelzprocess. Das Verschmelzen der Erze geschah früher, wo man nicht Roheisen, sondern unmittelbar Stabeisen oder vielmehr stahlartiges Stabeisen darstellte, in Herden, sogenannten Rennfeuern oder Luppenfeuern, vor dem Gebläse. Gegenwärtig geschieht das Verschmelzen der Eisensteine auf Roheisen fast durchgängig in dem Blauofen (Blaseofen, Blaaofen, Bauernofen, Flossofen, fourneau à fonte, *flowing furnace*) oder in dem Hohofen

(Hochofen, haut fourneau, *high furnace*, *blast furnace*), wegen seiner bedeutenden Höhe von 45—62 Fuss so genannt.

Der Blauofen unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von dem Hohofen, dass derselbe, wie der technische Ausdruck lautet, keine offene, sondern eine geschlossene Brust besitzt. Alle Gebläseschachtöfen, die an dem vorderen Theil des Herdes eine Oeffnung besitzen, durch welche ein Theil der Flamme einen Ausweg findet, nennt man Schachtöfen mit offener Brust, und solche, bei denen dies nicht der Fall ist, Schachtöfen mit geschlossener Brust. Der Blauofen unterscheidet sich ferner dadurch wesentlich von einem Hohofen, dass er kein Gestell besitzt und die Rast sich unmittelbar in den Herd verläuft, aus welchem Roheisen und auch die Schlacken durch eine Abstichöffnung abgelassen werden. Die Blauöfen gewähren bedeutende Brennmaterialersparniss, sind aber nur dort anzuwenden, wo in Folge der geeigneten Beschickung eine leichtflüssige Schlacke sich bildet, da sie ein Ausräumen des Herdes, Abziehen zäher Schlacken, wie es bei den Hohöfen der Fall sein kann, nicht gestatten. Sie haben eine Höhe von etwa 40 Fuss, werden mit Holzkohlen betrieben und sind nur noch in einigen Gegenden, wie z. B. in Steiermark, Thüringen, gebräuchlich, wo man denselben zur Gewinnung von weissem, zur Schmiedeeisen- und Stahlfabrikation sich eignenden Eisen den Vorzug giebt.

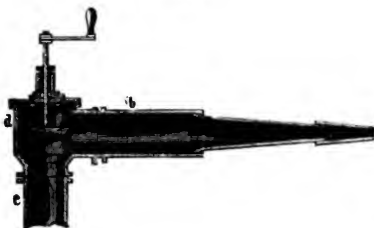
Der Hohofen (Fig. 1), hinsichtlich dessen äusserer und innerer Gestalt sehr verschiedene Modificationen existiren, ist ein mit dem äusseren Mauerwerk *A* (Rauhmauer, manteau, *mantle*) und der inneren feuerfesten Mauer *B*, dem Futter umgebener Schachtofen, dessen innerer Theil, der Kernschacht, Schachtfutter oder die Seele (cuve, cheminée, *fire-room*), die Gestalt zweier mit den Grundflächen an einander gefügter, abgestutzter Kegel hat. Der Zwischenraum zwischen der Rauhmauer und dem Futter, die Füllung, ist mit losem Material (Asche, Schutt u. dgl.) ausgefüllt, theils um die Wärme besser zusammenzuhalten, theils um die Ausdehnung der Mauer durch die Hitze zu vermitteln. Der unterhalb liegende, nach abwärts (von *B* nach *C*) sich erweiternde Theil heisst der Schacht, die Gegend, wo der Kernschacht den grössten Durchmesser hat, der Kohlensack oder Bauch (ventre). Die nächstfolgende, nach unten stark zusammengezogene Stelle (nach *E* zu) ist die Rast und unterhalb der Rast zieht sich der Raum zu dem Gestell *F* (ouvrage, *hearth*) zusammen, dessen unterer Theil *G* (Eisenkasten, creuset) das geschmolzene Roheisen aufnimmt. Die obere Mündung des Schachtes, welche die Flammen und Gase (Gichtgase) entweichen lässt, heisst Gicht (gueulard, *mouth*) (und der sie umgebende, über sie hervorragende Theil der Mauer, Gichtmantel), durch welche Erze, Brennmaterial und Zuschläge aufgegeben werden; man gelangt zur Gicht entweder, indem der Ofen an einem Anhange gebaut ist, durch eine Oeffnung in den Gichtmantel,

Fig. 1.



oder es werden die Beschickungen und das Brennmaterial auf ein Gebäude geschafft, von dem aus man zur Gicht mittelst der Gichtbrücke *P* gelangen kann. Der untere Theil des Gestelles *G* hängt mit einem ausserhalb des Schachtes befindlichen Raume, dem Vorderherd oder der Brust (avant-creuset), zusammen, so dass auch in diesem das niedergeschmolzene Roheisen sich verbreiten kann. Vorn und aussen wird der Vorherd durch einen Stein, Wallstein, Dammstein (dame, *dam*) oder durch ein mit Thon bekleidetes Gusseisenstück geschlossen, in welchem sich ein Spalt (Stichloch, Stich, Abstichsöffnung, trou de coulée, oeil, *tap hole, tapping hole*) befindet, welche während des Schmelzens verstopft ist, darauf aber zum Ablassen des geschmolzenen Eisens dient. In dem Gestell befinden sich, einander gegenüber liegend, zwei, mitunter auch drei Oeffnungen mit eingesetzten, halbcylindrischen Röhren (Formen, tuyères, *twyers*) (Fig. 2), in welche die Mundstücke der Windleitungsröhren (die Düsen, Deusen, Deupen, buses, *nose pipes*), welche den Hohofen mit Luft versehen,

Fig. 2



eintreten. Der Eintritt der Luft in die Düse wird, wie in der Zeichnung durch ein Kegelventil, oder durch ein Schieberventil regulirt. Fig. 3 zeigt den Horizontaldurchschnitt eines Hohofens (durch das Gestell) mit kalter Gebläseluft; die Formen zeigen die Anordnung der Windleitung, welche keiner näheren Beschreibung bedarf.

26. Die zum Betriebe der Hohöfen dienenden Gebläse (machines soufflantes, *blowing engines*), waren früher Kastengebläse, prismatische, gewöhnlich hölzerne Kasten *a* (Fig. 4), in welchen sich eine hölzerne Wand, der Kolben *b* auf und nieder bewegt, und entweder beim

Fig. 3.

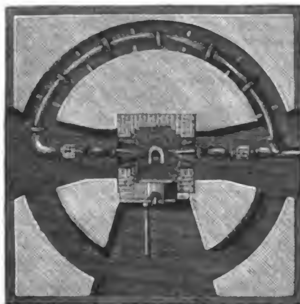
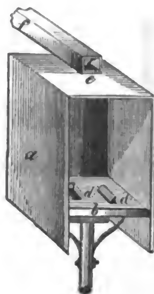


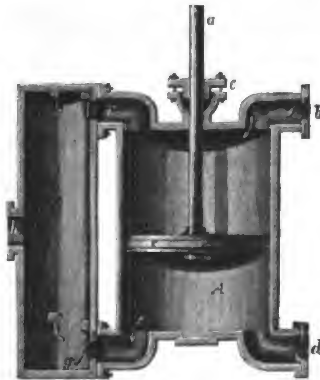
Fig. 4.



Aufgange oder beim Niedergange, oder bei beiden die Luft auspresst. In den beiden ersten Fällen hat der Kolben, dessen luftdichter Anschluss an die innere Wandfläche des Kastens durch mit Leinwand- oder Lederwülsten belegte Leisten erzielt wird, welche vom Umfange des Kolbens aus durch Federn an die glatten ebenen Kastenwände gedrückt werden, zwei symmetrische Ventile *d d* zum Einlassen, und der Kasten, welcher blos an einer Grundfläche verschlossen ist, ein Ventil zum Auslassen der Luft. Es befinden sich dann, um einen beständigen Luftstrom zu erhalten, mehrere Kasten neben einander, deren Kolben durch eine gemeinschaftliche Welle bewegt werden. Im letzteren Falle ist der Kasten auf beiden Grundflächen verschlossen und hat in jeder dieser Flächen

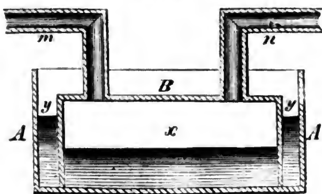
ein oder mehrere Ventile zum Einlassen und ein Ventil zum Auslassen der Luft, welche von beiden Auslassventilen in einen gemeinschaftlichen Windkasten oder in einen Regulator geführt wird. Um den nicht unbeträchtlichen Windverlust bei den hölzernen Kastengebläsen zu vermeiden, hat man jetzt allgemein die doppelt wirkenden eisernen Cylindergebläse (soufflets cylindriques) eingeführt, von welchem mit dem dazu gehörigen Windsammlungskasten Fig. 5 den Vertikaldurchschnitt zeigt. In dem gusseisernen Cylinder *A*, in welchem der Kolben *e* durch Wasser- oder Dampfkraft luftdicht auf- und abbewegt wird, geht die Kolbenstange *a* luftdicht durch die Stopfbüchse *c*; *b* und *d* sind Einsaugungsventile, *f* und *g* Ausströmungsventile. Alle diese Ventile sind in besonderen kleinen Kästen, Ventilkästen, angebracht. Die Wirkungsart des Gebläses bedarf kaum einer Auseinandersetzung. Beim Aufwärtsgehen des Kolbens strömt, indem *f* sich schliesst und *d* sich öffnet, Luft in den Theil des Cylinders unterhalb des Kolbens, während zu gleicher Zeit, indem *g* sich öffnet und *b* sich schliesst, Luft aus dem oberen Theile des Cylinders in den Windsammlungskasten *E* gepresst wird, von wo aus der Wind bei *h* durch eiserne Röhren in die Düsen geleitet wird. Beim Abwärtsgehen des Kolbens findet das Entgegengesetzte statt. Die Cylindergebläse, obgleich in der Anlage kostspielig, sind in Bezug auf Dauerhaftigkeit, Windpressung und Wirkung die vollkommensten Gebläse. — Anstatt der stehenden Cylinder wendet man auch zuweilen liegende an, wodurch eine Ersparniss an Zwischengeschirr stattfindet und die Gebäude nicht jene Höhe und Festigkeit bedürfen, welche stehende Maschinen brauchen. Als Windregulatoren wendet man häufig solche mit unveränderlichem Volumen an; sie bestehen einfach in grossen Blechbehältern, deren kubischer Inhalt den des Gebläsecylinders um wenigstens das Zwanzigfache übertrifft, und durch welchen die aus dem Gebläse kommende Luft strömen muss, um zur Düse zu gelangen. Das Princip dieses Regulators ist einfach folgendes: man will die Unregelmässigkeit der einströmenden Luftmenge durch eine grosse abgesperrte Luftmasse compensiren, aus welcher allein der Luft-

Fig. 5.



strom abfliessen kann. Die Wasserregulatoren, nach dem Princip der Gasometer der Leuchtgasfabriken (Fig. 6), üben eine nachtheilige Einwirkung auf den Ofengang insofern aus, als sie die Luft feucht machen. Was die Pressung des Windes und die Menge desselben betrifft, so hat die Erfahrung gelehrt, dass durch eine geringere Menge stark gepressten Windes in einem Hohofen dieselbe Temperatur erzeugt werden kann, wie durch eine grössere Menge schwächer gepressten Windes.

Fig. 6.



Die Anwendung von erhitzter Gebläseluft ist eine der grössten Errungenschaften in dem Eisenhüttenwesen; die erhitzte Luft veranlasst nämlich eine Verminderung des Aufwandes an Brennmaterial (die Brennstoffersparniss beträgt $^1/_3$—$^2/_5$, im Durchschnitt also 0,366 des früher verbrauchten Quantums) und eine Vermehrung der absoluten Production um 50 Proc.; dabei ist der Ofengang regelmässiger und die Arbeit im Herde weit leichter, obgleich man auf anderen Hütten das Entgegengesetzte behauptet, indem nicht nur Störungen im regelmässigen Gange des Hohofens stattfanden, sondern auch die übermässig hohe Temperatur im Gestell die feuerfestesten Steine zu sehr angriff und daher die Campagnen bedeutend abkürzte. Das Erhitzen der Gebläseluft geschieht entweder durch die Gichtgase, oder durch besondere Feuerungen in Röhrenapparaten, oder endlich durch Siemens' Regenerativsystem, nach welchem man Gicht- oder Generatorgase durch einen mit feuerfesten Steinen lose ausgefüllten Raum und dann nach Abstellung der Gase die kalte Luft durch die glühend gewordenen Steine leitet, wobei sie sich zu weit höheren Temperaturen erhitzen lässt, als in Röhrenapparaten, deren Material hohen Temperaturen nicht widersteht. Man erhitzt die Gebläseluft bis auf 200—400° C. Koksöfen erfordern pro Minute gewöhnlich 2000 bis 4000 Kubikfuss Luft.

Die Brennmaterialien sollen bei der Ausbringung des Eisens auf dreierlei Weise wirken, sie sollen 1) die oxydirten Eisenerze reduciren, 2) die zum Schmelzen des Eisens und der Zuschläge erforderliche Temperatur liefern, 3) das Eisen kohlen. Man benutzt als Brennmaterial Holzkohlen, Koks, Steinkohlen, Anthracit, auch wol Holz, Braunkohlen und Torf. Bis zur Mitte des verwichenen Jahrhunderts bediente man sich zur Roheisengewinnung fast ausschliesslich der Holzkohle, gegenwärtig hat die Anwendung der Koks so überhand genommen, dass bei weitem mehr Roheisen durch Koks als durch Holzkohle erzeugt wird. Auf 100 Pfund Roheisen beträgt der Koksverbrauch 130 Pfund. In

neuerer Zeit hat in England, Schottland und Wales die Anwendung roher Steinkohle statt der Koks grosse Ausdehnung gefunden und bedeutende Ersparung herbeigeführt.

Es ist hierbei nicht unerwähnt zu lassen, dass man in neuerer Zeit auch Roheisen mittelst Gas zu erzeugen versucht hat. Nach der von Gurlt ausgesprochenen Idee soll man den Hohofenprocess trennen, und zwar Reduction und Schmelzung in besonderen Oefen vornehmen. Als Reductions- und Schmelzmittel dienen Generatorgase, welchen, zum Zweck der Reduction, nicht die zu ihrer Verbrennung erforderliche Menge Luft zugeführt wird, so dass sie mittelst der unverbrannt gebliebenen Kohlenwasserstoffe und des Kohlenoxydes reducirend und zugleich kohlend wirken. Diese Art der Eisengewinnung stellt, falls sie sich bewähren sollte, die Möglichkeit in Aussicht, mit den geringsten Brennstoffen — wie Braunkohlenklein und Torf, welche gute Generatorgase liefern, die Eisenfabrikation betreiben zu können.

27. Hohofenbetrieb. Soll eine Schmelzcampagne beginnen, so wird der Hohofen langsam und vorsichtig angewärmt, indem man in dem Gestell Feuer anzündet, den Schacht durch die Gicht mit Kohlen füllt und das Gebläse in Thätigkeit setzt. Jetzt beginnt man damit, kleine Mengen der Beschickung aufzugeben, vergrössert allmälig deren Quantität, bis endlich der regelmässige Gang erreicht ist. Darauf wird in dem Grade, als durch Schmelzung und Verbrennung im unteren Theile des Ofens die oberen Schichten der Kohlen und Erze herabsinken, Kohlen und Beschickung portionenweise in Gichten aufgegeben, deren Grösse sich nach der Weite des Ofens richtet. Die Brennstoffgicht muss um so grösser sein, je schwerer schmelzbar die Erze und je weiter die Oefen im Bauche sind. Die Erzgichten oder Sätze variiren je nachdem der Ofen mit Holzkohle oder mit Koks betrieben wird, nach der Höhe des Ofens, nach der Wirkung des Gebläses etc. Nach Mayrhofer soll die Höhe der Holzkohlengicht im Bauche des Hohofens ausgebreitet $3^1/_2$—5 Zoll, bei Koksöfen höchstens 4 Zoll betragen. Mit dem Aufgeben wird in angemessenen Zeitabschnitten ununterbrochen fortgefahren und der Ofen so lange in Betrieb gehalten, bis nach längerer oder kürzerer Zeit das Gestell sich dermaassen erweitert, dass darin nicht mehr die zur Erzeugung von grauem Roheisen erforderliche hohe Temperatur erzeugt wird. Eine solche Schmelzcampagne (Hüttenreise) dauert je nach dem Verlaufe des Betriebes verschieden lange. Koksöfen gehen in der Regel 18 Monate bis $2^1/_2$ Jahre, man hat jedoch in England Beispiele von 10—15, ja selbst von 20jährigen Campagnen. Behufs des Ausblasens des Hohofens werden die Erzgichten allmälig vermindert und zuletzt nur noch Brennstoff und leichtflüssige Substanzen, z. B. Hohofen- und Eisenfrischschlacken, aufgegeben. Nachdem die Beschickung niedergeschmolzen ist, setzt man das Gebläse ausser Wirksamkeit, sticht das Roheisen ab, entfernt den Wallstein und die Schlacken- und Kohle-

theile und schreitet nach dem Erkalten des Ofens zum Ausbrechen der der Reparatur bedürftigen Theile. Beim Abbrechen am Bodensteine findet sich eine zusammengesinterte, halbgefrischte Masse, die Eisensau, in welcher nicht selten kupferrothe Würfel aus Titan, Stickstoff und Cyan ($TiCy + 3\,Ti_3\,N$) bestehend, vorkommen.

In dem Verhältniss, als die Kohlen verbrennen und Erze und Zuschlag schmelzen, sinken die Schichten allmälig nieder. Die Kieselerde schmilzt mit den vorhandenen Erden und Oxyden zu Schlacke (scorie, laitiers, *slags*, *cinders*) zusammen, welche über dem Wallstein von selbst abfliesst, oder abgezogen wird. Das geschmolzene Roheisen sammelt sich am Boden des Gestelles an und erreicht nach und nach fast die Höhe des Wallsteins. Es wird alle 12—24 Stunden abgestochen (Abstich, coulée, *tapping*, *running off*). Man öffnet zu diesem Zwecke die Abstichöffnung durch Hindurchstossen einer eisernen Stange und leitet das abfliessende Roheisen durch einen schon vorher im Sande vor dem Ofen gemachten Ablassgraben nach den Formen. Zum Behufe des Frischens oder des Kupoloofenbetriebes erhält das Roheisen die Gestalt von Mulden, Flossen (saumons, *pigs*), Barren, Gänzen (gueuses) oder Platten (Blatteln, blettes). Bei der Herstellung von Gänzen lässt man das Eisen in lange, in dem Herdsand befindliche Furchen fliessen, streut in Entfernungen von 6—8 Fuss auf das erstarrte, aber noch weissglühende Metall kalten Sand auf, wodurch es an diesen Stellen in Folge raschen Erkaltens spröde wird und vermittelst eines schweren Hammers zerschlagen werden kann. Zuweilen lässt man das Eisen auch in eine flache Vertiefung des Hüttenraumes fliessen, schreckt es durch aufgegossenes Wasser ab und zerschlägt es endlich mit Hülfe schwerer Hämmer oder durch eine herabfallende schwere Kugel. Das von den Schlacken umschlossene Eisen wird durch Pochen derselben und Waschen (Wascheisen) gewonnen. Ein Hohofen liefert nach Umständen 100 bis 1200 Centner Roheisen in der Woche [1]).

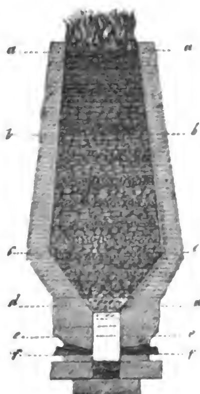
28. Der Hohofenprocess. Der Zweck des Hohofenprocesses ist, die Oxyde des Eisens durch anhaltendes Erhitzen in Berührung mit kohlenstoffhaltigen Substanzen (Brennstoffe, Ofengase) in den metallischen Zustand überzuführen, das regulinische Eisen durch Verbindung mit Kohlenstoff in schmelzbares Roheisen zu verwandeln, und das Roheisen zu schmelzen, um von ihnen die erdigen Bestandtheile der Erze und Zuschläge durch Schmelzen zu trennen. Der nun beim Niederschmelzen der Beschickung im Hohofen ohne Unterbrechung vor sich gehende chemische Process ist in den verschiedenen Zonen des Hohofens ein sehr verschiedener, so dass man einen Hohofen als ein, aus beson-

1) In neuerer Zeit hat man jedoch in Süd-Wales und in Cumberland mit einer Production von 8000 bis 12000 Centner pro Woche begonnen.

deren Oefen mit eigenthümlichen Functionen zusammengesetztes Ganzes betrachten kann. Beifolgende Fig. 7 zeigt den vertikalen Durchschnitt des Inneren eines mit Beschickung und Brennmaterial gefüllten Hohofens. Die schmaleren Schichten bedeuten die Beschickung, die breiteren das Brennmaterial. Von der Oberfläche der flüssigen Schlacke *f*, *f* an bis zum Gichtniveau lässt sich das Innere in fünf Regionen oder Zonen eintheilen:

1) in die Vorwärmzone *a b*.
2) in die Reductionszone *b c*.
3) in die Kohlungszone *c d*.
4) in die Schmelzzone *d e*.
5) in die Oxydations- oder Verbrennungszone *e f*.

Fig. 7.



In dem oberen Theile des Schachtraumes, der Vorwärmzone von *a* bis *b*, werden Beschickung und Brennmaterial vorgewärmt und vollständig ausgetrocknet. Innerhalb dieser Zone gelangt das Erz kaum zum schwachen Glühen. Die Reductionszone von *b* bis *c* hat die beträchtlichste Ausdehnung; im unteren Theile des Schachtes, besonders in der Gegend des Kohlensackes, wird das Eisenoxyd durch Einwirkung der reducirenden Gase zuerst zu Eisenoxydul-Oxyd und endlich zu metallischem Eisen reducirt. Die in dieser Zone vorhandenen reducirenden Agentien sind: Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas, Cyanwasserstoffgas oder Cyankaliumdämpfe. An einer Stelle dieser Zone ist das Eisen als hämmerbares Eisen vorhanden. In dieser Region ist es zugleich, wo der Kalkstein des Zuschlags seine Kohlensäure verliert. Noch tiefer im Ofen, in der Kohlungszone von *c* bis *d*, findet die Kohlung des Eisens durch Cementation (d. h. ohne Schmelzung) entweder durch unmittelbare Kohlenstoffaufnahme oder durch gemeinschaftliche Einwirkung von Kohlenwasserstoff und Cyankaliumdämpfen statt, wodurch sich stahlartiges Eisen bildet, welches mehr oder weniger zusammengesintert aus der Kohlungsregion in die Schmelzzone von *d* bis *e* gelangt und sich hier mit Kohlenstoff zu Roheisen sättigt, welches als Gusseisen mit der zugleich gebildeten Schlacke hinabtröpfelt. In der Verbrennungs- oder Oxydationszone von *e* bis *f*, im Vergleich zu den übrigen Zonen von sehr geringem Umfange, trifft die aus den Düsen in den Ofen strömende Luft auf Kohlen, welche sich in stärkster Weissglut befinden, und bildet mit denselben Kohlensäure, welche, indem sie durch die höher liegenden Schichten Kohle strömt, zu Kohlenoxyd reducirt wird; durch die Verbrennung des in dem Brennmaterial

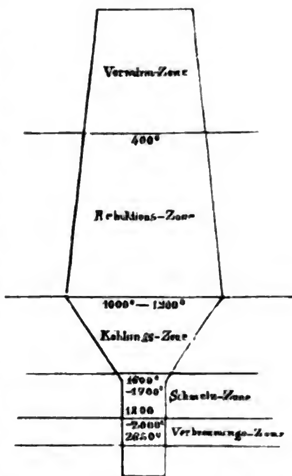
enthaltenen Wasserstoffs wird aber auch Wasser gebildet, welches nebst dem durch die Gebläseluft eingeführten Wasserdampfe (welchen man indessen in neuerer Zeit durch vorheriges Leiten der Gebläseluft über englische Schwefelsäure oder über geschmolzenes Chlorcalcium zu entfernen vorgeschlagen hat) in der Schmelz- und Kohlungszone in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Der Sauerstoff tritt mit der Kohle zu Kohlenoxyd, der Wasserstoff mit der Kohle zu Kohlenwasserstoff zusammen. Ausserdem tritt der Stickstoff des Brennstoffs, sowie ein Theil des Stickstoffs der Gebläseluft in der Schmelz- und Kohlungszone mit der Kohle zusammen und bildet Cyan (-metalle oder -wasserstoff). Wie bedeutend die Erzeugung von Cyanmetallen bei einem mit Steinkohlen betriebenen Hohofen (zu Alfreton in Derbyshire) sein kann, geht aus einer Untersuchung von Bunsen und Playfair über den Process der englischen Roheisenbereitung hervor, nach welchem in einem Hohofen täglich gegen 225 Pfund Cyankalium erzeugt werden; nach einer Berechnung des Kaligehaltes des Eisenerzes (Thoneisensteines), des Zuschlages und der Steinkohlen, sollen im Hohofen zu Königshütte in Oberschlesien täglich $35^1/_2$ Pfund Cyankalium gebildet werden können. Es ist gegenwärtig als feststehend zu betrachten, dass die im Hohofen sich bildenden Cyanmetalle bei der Reduction der Eisenerze eine wesentliche Rolle spielen. In der Schmelzzone findet auch Reduction der Thonerde und Kieselerde zu Aluminium und Silicium statt.

Fig. 8 zeigt die an den Grenzen der verschiedenen Zonen des Hohofens herrschenden Temperaturen. Die Temperatur der Verbrennungszone würde eine höhere sein, als es in der That der Fall ist, wenn nicht die Umwandelung der Kohlensäure in Kohlenoxyd durch Aufnahme von Kohlenstoff eine bedeutende Temperaturerniedrigung zur Folge hätte. Das Kohlensäuregas verdoppelt nämlich sein Volumen, indem es in Kohlensäure übergeht; das Uebergehen des Kohlenstoffs in den gasförmigen Zustand ist mit Bindung von Wärme verknüpft.

29. Benutzung der Hohofengase. Eine äusserst wichtige Erfindung im Betriebe der Hohöfen ist die Benutzung der im Hohofen erzeugten und durch die Gicht entweichenden Gase (Gichtgase), welche bestehen 1) aus den Destillationsproducten des Brennstoffes, 2) aus den Verbrennungsproducten jener und 3) aus der Kohlensäure des Kalksteines der Beschickung. Wenn man die Thatsache berücksichtigt, dass in den Hohöfen unter den günstigsten nahe liegenden Verhältnissen nur 16,55 Proc. Brennmaterial zur Realisation gelangen, während 83,45 Proc. durch die Gicht in Gestalt brennbarer Gase verloren gehen, so lag es nahe, diese Gase anzuwenden; früher geschah dies zum Erhitzen der Gebläseluft; durch die Bemühungen des Bergrathes Fabre du Faur auf dem Wasseralfinger Eisenwerke ist es gelungen, die Gichtgase vor ihrer Verbrennung zu sammeln, sie durch eine Röhrenleitung abzuführen und mit grossem Erfolge zum Schmelzen und Frischen des

Eisens, zum Ausschweissen des gefrischten Eisens in Flammenöfen, zum Erhitzen der Cementstahlöfen, zum Rösten der Eisensteine, zum Erhitzen der Gebläseluft, zum Darren und Verkohlen des Holzes anzuwenden. Die Anwendung derselben erscheint aber noch keineswegs erschöpft, denn Bunsen und Playfair fanden in den Gasen der mit Steinkohlen betriebenen Hohöfen Ammoniak in solcher Menge, dass dessen Gegenwart in den tieferen Theilen des Schachtes schon durch den Geruch wahrgenommen werden kann. Die genannten Chemiker berechneten, dass man aus dem Alfreton-Hohofen in England täglich 2,14 Centner (und in einem Jahre über 781 Centner) Salmiak als Nebenproduct, ohne erhebliche Kostenerhöhung des Betriebes und ohne die mindeste Störung des Eisenprocesses, gewinnen könnte. Die Ammoniakbildung hängt offenbar mit der in der Schmelzungszone stattfindenden Cyanbildung zusammen, indem Cyankalium und andere Cyanverbindungen, wenn sie in der Glühhitze mit Wasserdämpfen zusammenkommen, unter anderen Zersetzungsproducten auch Ammoniak liefern.

Fig. 8.



30. Beschaffenheit des Schmelzganges. Auf die Beschaffenheit des aus dem Hohofen erhaltenen Roheisens ist nicht nur die Beschaffenheit der Beschickung, sondern auch hauptsächlich die Temperatur des Ofens von grösstem Einflusse. Es scheint, als ob sich im Hohofen bei jeder Beschickung zuerst stets weisses Roheisen bildet und dass dieses erst bei sehr gesteigerter Temperatur in graues Roheisen überzugehen vermag. Findet die Reduction bei einem richtigen Quantitätsverhältnisse zwischen Erz, Zuschlag und Brennmaterial möglichst vollständig statt, trennen sich Roheisen und Schlacke vollkommen, so wird der Gang des Hohofens ein garer (Gargang, allure régulière) genannt. Man erhält dadurch ein Roheisen (weisses oder graues) mit gehörigem Kohlenstoffgehalte. Die Schlacke ist bei diesem Gange niemals dunkel gefärbt, weil sie nur wenig Eisenoxydul enthält und immer zähflüssig (saiger). Wenn in Folge von vorherrschendem Erze, also von mangelndem Brennmaterial, die zur vollständigen Kohlung des Eisens erforderliche Temperatur nicht erreicht wird, so findet nicht

selten nur unvollständige Reduction statt, in deren Folge eine grosse Menge von Eisenoxydul in die Schlacke geht und derselben eine dunkle Farbe ertheilt. Ein solcher Ofengang, durch welchen weisses kohleärmeres Roheisen sich bildet, wird ein roher, scharfer oder übersetzter Gang (Rohgang, allure irrégulière) genannt. Durch überwiegendes Brennmaterial, wodurch die Hitze im Hohofen zu sehr gesteigert wird, wird ein heisser, hitziger Gang (allure chaude) hervorgebracht und graues Roheisen erzeugt; durch den kalten Gang (allure froide) wird weisses Roheisen gebildet. Das mit Hilfe von erhitzter Gebläseluft gewonnene (heiss erblasene, *hot blast iron*) Roheisen ist unter sonst gleichen Bedingungen kohlenstoffreicher und siliciumhaltiger als das mit kalter Gebläseluft (kalt erblasene, *cold blast iron*) erblasene; gewöhnlich ist auch ersteres minder fest, daher auch weniger geschätzt.

Für die Praxis ist es begreiflich von der grössten Wichtigkeit, die Umstände zu kennen, welche die Bildung von weissem und von grauem Roheisen herbeiführen. Im Allgemeinen ist festgestellt, dass bei verhältnissmässig niederer Temperatur, die den Schmelzpunkt des Roheisens nur wenig oder gar nicht überschreitet, weisses Roheisen sich bildet. Diese Roheisensorte entsteht daher sowohl bei Gargang aus leichtflüssigen Beschickungen, als auch bei Rohgang, falls die Temperatur aus Mangel an Luft oder in Folge von feuchter Beschickung oder aus einem anderen Grunde sinken sollte. Die Bildung von grauem Roheisen, welches, wie oben gesagt, wol stets erst aus weissem sich bildet, verlangt eine weit über den Schmelzpunkt des Roheisens hinausgehende Temperatur und wird daher vorzugsweise bei höheren Hitzgraden, aus strengflüssigeren Beschickungen und bei dichterem Brennstoff wie Koks sich bilden. Für die Giesserei ist das graue Roheisen insbesondere verwendbar, für die Darstellung des Stabeisens hat dagegen das weisse den Vorzug. Dort wo die Umstände es nicht gestatten, weisses Roheisen zu erblasen, giebt man starke Hitze und leichtflüssige Beschickung, um ein graues Roheisen zu erzielen, welches durch Feinen (siehe Schmiedeeisen) leicht in weisses übergeführt werden kann.

In England werden drei verschiedene Sorten von Roheisen nach dem Zweck ihrer Verwendung erzeugt, nämlich für Giessereizwecke, für Stabeisen und für Stahl. In Deutschland ist die Trennung nicht so ausgesprochen, indem man bei uns gewöhnlich zeitweilig in denselben Hohöfen nach Bedürfniss verschiedene Arten von Eisen erzeugt. In England ist die Trennung nicht nur nach Oefen, sondern sogar nach ganzen Districten bemerkbar. So stellt man in Schottland aus Blackband und roher Steinkohle graues Gusseisen, in Yorkshire mit Thoneisenstein und Koks Roheisen für sehniges Eisen und für Kesselblech, in Staffordshire mit denselben Eisensteinen und Koks Roheisen für gewöhnliches Stabeisen, in Wales aus Thoneisenstein mit Rohkohle und Koks Eisen für Eisen-

bahnschienen und in Cumberland aus Rotheisenstein bei Koks Roheisen dar, welches sich für Feinkorneisen und für Stahl eignet.

Grösse der Roheisenproduction.

31. Die dermalige (1865) jährliche Eisenproduction beträgt etwa 178,500,000 Zollcentner, davon kommen auf

England, Wales und Schottland	90,000,000	Zollcentner,
Frankreich	24,500,000	,,
Nordamerika	20,200,000	,,
Preussen	10,300,000	,,
Belgien	7,250,000	,,
Oesterreich	6,750,000	,,
Russland	6,000,000	,,
Schweden	4,500,000	,,
Uebriges Deutschland (darunter Bayern mit 900,000 Centner)	4,250,000	,,
Australien	2,000,000	,,
Italien	0,750,000	,,
Spanien	1,200,000	,,
Norwegen	0,500,000	,,
Dänemark	0,300,000	,,
	178,500,000	Zollcentner,

im Werth von ungefähr 1130 Millionen Gulden ö. W.

Darstellung des Schmiede- oder Stabeisens.

32. Die Darstellung des Schmiede- oder Stabeisens kann auf zweierlei Weise geschehen. Die erste Methode, welche schon im Alterthume bekannt war und auch gegenwärtig noch in mehreren Gegenden üblich ist, besteht in der directen Ausbringung des Schmiedeeisens aus den Erzen, indem man dieselben auf einem Herde mit Kohlen unter Mitwirkung eines Gebläses reducirt, wobei sie nicht zur Schmelzung kommen, und den erhaltenen Klumpen (die Luppe) von reducirtem Eisen sofort ausschmiedet. Diese Eisengewinnungsmethode (Luppenfrischerei oder Rennarbeit) liefert ein Schmiedeeisen vorzüglichster Qualität, ist aber wenig ergiebig. Die zweite Methode der Schmiedeeisendarstellung verfährt in der Weise, dass aus den Erzen zuerst Roheisen und darauf aus diesem durch einen Process, wesentlich ein Entkohlungsprocess, das Frischen, das Schmiedeeisen dargestellt wird. Letztere ist gegenwärtig fast allein angewendet.

33. Directe Darstellung des Stabeisens. Es wird die Rennarbeit entweder in Herden, Feuern (Rennherde, Luppenfeuer) oder in Schachtöfen (Stücköfen, Blaseöfen) ausgeführt. Je nach kleinen Modificationen in dem Betriebe unterscheidet man die französische, die italienische und die deutsche Luppenfrischerei.

a) Die französische Luppenfrischarbeit (méthode française, m. catalane) wird gegenwärtig noch in den Pyrenäen ausgeübt. Die Eisenerze, welche nach dieser Methode verschmolzen werden, müssen leicht schmelzbar und reichhaltig sein; gewöhnlich sind es Roheisenstein, Magneteisenstein und gewisse Spatheisensteine. Die hierbei angewandten Oefen sind viereckige, mit Eisenplatten ausgesetzte Herde, deren Dimensionen je nach der Localität variiren; die kleinsten Herde, welche nur 3—4 Centner Erze fassen, werden catalonische (forges catalanes), die grösseren die biskayischen Feuer genannt; letztere fassen 7—8 Centner Erze. Man schmilzt in den Herden die Erze mit Holzkohlen und unter lebhaftem Gebläse so nieder, dass eine sehr eisenreiche Schlacke und zugleich Schmiedeeisen sich bildet, welches darauf zu einem Klumpen vereinigt wird. Der erforderliche Wind wird gewöhnlich durch ein Wassertrommelgebläse erzeugt.

b) Die italienische oder corsische Luppenfrischarbeit, auf Corsica und Elba heimisch, stimmt im Allgemeinen mit der französischen Methode überein, unterscheidet sich aber von letzterer dadurch, dass während bei der französischen Frischarbeit das geröstete Erz in Einer Operation reducirt, geschmolzen und gefrischt wird, bei dem italienischen Verfahren ein jedes Stück Erz dreimal auf den Herd kommt, das erste Mal, um geröstet, das zweite Mal, um reducirt, das dritte Mal, um eingeschmolzen und gefrischt zu werden.

c) Die deutsche Luppenfrischarbeit oder die Stückofenwirthschaft wendet niedrige Schachtöfen (Stücköfen, Wolfsöfen, fourneau à loupe, f. à masse, *single block furnace*) an, welche rund oder viereckig und meist mit einem Bauch oder Kohlensack versehen sind. Die zur Schmelzung gelangenden, leichtflüssigen Erze liefern ein stahlähnliches, mehr oder minder geschmeidiges Eisen, welches sich auf dem Boden zu einem Stück, Wolf, Guss, Mass, Luppe (loupe, masse) ansammelt und sobald es ein Gewicht von 15 bis 20 Centner erreicht hat, mit Unterbrechung des Schmelzbetriebes, gewöhnlich alle 24 Stunden, aus dem Ofen geschafft werden muss. Das Stück wird hierauf in etwa centnerschwere Stücke zerschrotet, die dann auf einem Herde weiter verfrischt werden.

Von dem neuerdings aufgetauchten Verfahren der directen Darstellung von Stabeisen (und Stahl) aus den Eisensteinen nach Chenot u. A. wird beim Stahle die Rede sein.

34. Der Frischprocess. Das Frischen des Roheisens (affinage), d. h. die Umwandelung desselben in Schmiedeeisen, geschieht entweder in Herden oder Feuern (forges) mit Holzkohlen, oder in Flammenöfen mittelst Steinkohlen oder Generatorgasen (das Puddeln). Die Entkohlung des Roheisens durch Einblasen von Luft in das geschmolzene Roheisen nach dem Verfahren von Bessem[illegible], durch welche man ebenfalls Stabeisen darstellen kann, wird indessen nur zur

Stahlerzeugung verwendet. Das Wesentliche des Frischens ist die Verbrennung des Kohlenstoffs des Roheisens. Die Oxydation geschieht indessen weniger durch den atmosphärischen Sauerstoff, als vielmehr durch die Einwirkung des entstandenen Eisenoxyduls auf das kohlehaltige Roheisen, ferner durch sauerstoffreiche Zuschläge (oxydirtes Eisen, Eisenfrischschlacken). Durch den Frischprocess werden gleichzeitig mit der Kohle auch andere Bestandtheile des Roheisens (Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsen etc.) zum grössten Theile durch Oxydation oder durch besondere Zuschläge entfernt. Bei dem Herdfrischen wird das Roheisen in einem kastenförmigen Raume bei Anwendung eines Gebläses meist mit Holzkohle eingeschmolzen, das Flammenofenfrischen findet dagegen mit Steinkohlen und ohne Gebläseluft statt. Als Vorzüge der Herdfrischerei ist hauptsächlich anzuführen, dass das gewonnene Eisen reiner, dichter, härter, körniger und zäher ist als das durch den Puddlingsprocess erhaltene, was seinen Grund darin hat, dass man zum Herdfrischen meist das reinere Holzkohleneisen und fast stets die von allen schädlichen Beimengungen freie Holzkohle anwendet, geringere und daher besser zu handhabende Massen bearbeitet (in gleicher Zeit verarbeitet man im Herd ungefähr 60—80 Centner, im Puddelofen dagegen 225—250 Centner), anstatt der Walzwerke Hämmer anwendet, wodurch das Eisen reiner wird, und zuletzt wiederholt aufbricht, durcharbeitet und unter Mitwirkung des Gebläses niederschmilzt, wobei die Verunreinigungen vollständig abgeschieden werden. Als Vorzüge des Puddelns lassen sich hervorheben, dass man bei einfacherer und vollkommener Arbeit auch aus unreinem Roheisen ein besseres Schmiedeeisen erzeugen kann, als durch das Herdfrischen, der niedrigere Preis des Koksroheisens und der Steinkohlen, so wie die Schnelligkeit der Ausführung eine Ausdehnung der Production herbeiführen, wie sie durch das Herdfrischen niemals erreicht werden kann (1 Centner Roheisen giebt durch das Herdfrischen bei einer Consumtion von $1—1^1/_3$ Centner Holzkohlen auf jeden Centner des gewonnenen Productes, ungefähr 72 Pfund Schmiedeeisen; durch das Puddeln erhält man von 125 bis 140 Pfund Roheisen 100 Pfund Schmiedeeisen bei einem Verbrauche von 1 Centner Steinkohlen).

35. Die Herdfrischerei (der deutsche Frischprocess) zerfällt in zwei Abtheilungen, in das Einschmelzen und in das eigentliche Frischen, d. h. in die Vereinigung des Eisens zu einer Eisenmasse (Luppe). Geht die Vereinigung schnell vor sich, so nennt man den Process gar, im entgegengesetzten Falle roh. Rohgehendes Eisen erschwert den Frischprocess. Zur Umwandelung in Schmiedeeisen ist besonders das weisse Roheisen geeignet, weil es die für den Frischprocess wichtige Eigenschaft besitzt, vor dem Schmelzen in einen breiartigen Zustand überzugehen. Graues Roheisen wird deshalb häufig durch verschiedene Verfahrungsarten zum Frischen vorbereitet, welche

sämmtlich darauf hinausgehen, es in weisses Roheisen überzuführen. Man bezeichnet diese Arbeit, welche hauptsächlich in einer kräftigen Oxydation der fremden Bestandtheile und einer Ueberführung des Graphits in chemisch gebundenen Kohlenstoff besteht, mit dem Namen Feinen oder Weissmachen (Verfeinern, Feineisenmachen, finage, *fining*, *refining*). Sie kann auf folgende Weise ausgeführt werden:

1) Durch Ablöschen, indem man das dem Hohofen entströmte Roheisen mit Wasser übergiesst, die erstarrte Kruste abhebt und dies wiederholt (Blattelheben, Scheibenreissen);

2) Durch Granuliren oder Körnen, indem man das geschmolzene Roheisen in einem dünnen Strahle in bewegtes Wasser fliessen lässt, wodurch die Umänderung des grauen Roheisens in weisses weit vollkommener, als durch blosses Ablöschen erfolgt;

3) Durch Umschmelzen des Roheisens in einem besonderen Schmelzherde ohne Gebläse bei Holzkohlen (Hartzerrennen oder Blattelheben am Zerrennherd, mazéage, mazage) und nachfolgendes Scheibenreissen. Insofern das Roheisen durch Hartzerrennen vorbereitet ist, nennt man das Frischen selbst Weichzerrennen. Es wird hierbei weniger der Kohlenstoff, als vielmehr Mangan und Silicium ausgeschieden; ersterer wird zum Theil oxydirt, sobald beim Einschmelzen garende Zuschläge zugegeben werden (Kartitsch-, Kortischarbeit);

4) Durch das Füttern des Ofens (d. h. des Untergestells) mit oxydirten Eisenerzen, durch deren Einwirkung ein Theil des Kohlenstoffs oxydirt wird;

5) Durch Umschmelzen im sogenannten Feineisenfeuer oder Raffinirfeuer (fourneau d'affinerie, *refinery furnace*, *run-out-furnace*) ohne Zuschläge, wodurch das Roheisen am vollkommensten für das Frischen vorbereitet wird, indem durch das Niederschmelzen und fortgesetzte Einwirkung des Gebläses auf das geschmolzene auf dem Herde befindliche Roheisen nicht nur der Kohlegehalt abnimmt, sondern auch Phosphor, Silicium und Mangan ausgeschieden werden.

Das Product des Feinens, durch welches unreine und rohschmelzige Roheisensorten für den Frischprocess geeignet gemacht werden, wird Feineisen, Feinmetall (*fine iron, fine metal*) genannt.

36. Der Frischherd *b* (Fig. 9) ist eine grosse Esse mit zwei Blasebälgen, in welcher der zum Frischen bestimmte Raum durch einen aus gusseisernen Platten (Frischzacken, taques) zusammengesetzten viereckigen Kasten *a* (Tümpel, Feuer, foyer, creuset) abgegrenzt wird. Die hintere der Eisenplatten wird der Hinterzacken oder Aschenzacken (rustine, taque de fond, herre), der eiserne Boden der Bodenzacken oder eigentliche Frischzacken genannt; zu beiden Seiten liegen die Formzacken (varme, taque de tuyère), während die vordere Seite durch den Schlackenzacken (laiterol, chariot, taque à

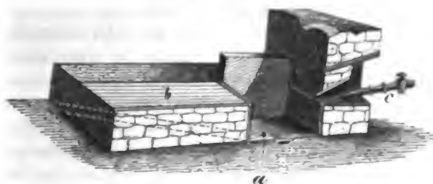


Fig. 9.

laitier) geschlossen wird. Zum Abkühlen des Feuers befindet sich unter dem Frischboden gewöhnlich eine ausgemauerte Oeffnung, Tümpelloch, welche mit einem Wasserbehälter in Verbindung steht und die Bestimmung hat, bei eintretender zu hoher Temperatur die Eisenplatten abzukühlen und das Anhängen des gefrischten Eisens zu verhindern. Man wendet das zu verfrischende Roheisen in Platten von 6—8 Fuss Länge, 1 Fuss Breite und $1^1/_2$ bis 3 Zoll Stärke an, die man Gänze oder Stücken nennt. Dieselben werden, nachdem der Feuerraum mit glühenden Holzkohlen gefüllt ist, zum Einschmelzen (Roheinschmelzen) mit einem Ende über die Platte, welche dem Gebläse *c* gegenüber liegt, gebracht und unter Anwendung des Gebläses und einiger Zuschläge geschmolzen, wobei sie in dem Maasse, als sie niederschmelzen, der Form genähert werden. Durch den Sauerstoff der Gebläseluft wird das Eisen entkohlt. Der den Gänzen anhängende Sand, die durch Oxydation des Siliciums des Roheisens entstandene, so wie die durch die Holzkohlenasche, zum Theil auch durch die Zuschläge (Frischschlacken) in die Masse gelangte Kieselerde kommen bei dem Frischen gleichfalls in Betracht; diese Körper verbinden sich mit dem zu gleicher Zeit entstehenden Eisenoxydul zu basisch kieselsaurem Eisenoxydul (Rohschlacke, SiO_3, 3 FeO), welche über dem teigig gewordenen Eisen steht und während des Frischens von Zeit zu Zeit abgelassen wird, ohne jedoch das Eisen gänzlich von der Schlacke zu entblössen. Die Rohschlacke besteht in 100 Theilen ungefähr aus 68,8 Theilen Eisenoxydul und 31,2 Theilen Kieselerde und hat nicht selten die Zusammensetzung und die Krystallform des Olivins. Diese Schlacke wird zu der nächsten Frischung mit Eisenhammerschlag (Eisenoxydul-Oxyd) gemengt, gegeben, um die Entkohlung des Eisens zu bewirken. Glüht man nämlich Roheisen mit Hammerschlag und Rohschlacke, so giebt der Hammerschlag an den Kohlenstoff des Roheisens Sauerstoff ab und es bilden sich Kohlenoxyd und reines Eisen. Bei der Frischung werden auch alle anderen in dem Roheisen enthaltenen fremden Stoffe, wie Aluminium, Phosphor, Mangan etc., als Thonerde, Phosphorsäure, Manganoxydul etc. in die Schlacke getrieben.

37. Nach dem Einschmelzen des Roheisens werden die Schlacken abgelassen und der Frischer schreitet zum Rohaufbrechen; er bricht zu dem Ende die Masse mit der Brechstange auf und nähert sie

der Windseite; er sucht sie nun mit einer zweiten Brechstange, mit welcher er die erste kreuzt, in der Höhe zu erhalten, um sie beliebig umkehren und wenden zu können. Die aufgehobene Eisenmasse zertheilt sich nun in mehrere Stücke, so dass sie der Luft eine grosse Oberfläche darbietet. Der Frischer schüttet hierauf frische Kohlen auf den Boden und bringt die Stücke auf das Brennmaterial. Je nach dem Grad der Gare lässt er das Gebläse stärker oder schwächer gehen und schüttet, wenn nöthig, eine Schaufel von Hammerschlag darauf. Das Eisen geräth nun bald in Fluss und geht in den Herd nieder. Die sich nach dem Rohaufbrechen bildende Schlacke wird um so eisenoxydulreicher, je mehr sich das Eisen der Gare nähert, wodurch sie endlich zur Garschlacke (ungefähr von der Zusammensetzung SiO_3, 6 FeO) wird, welche ebenso wie die mit Hammerschlag versetzte Rohschlacke als Zusatz zur Beförderung der Entkohlung des Eisens benutzt wird. Die Garschlacke ist niemals krystallinisch, sondern stets dicht und von grösserem specifischen Gewichte als die Rohschlacke.

Auf das Rohaufbrechen folgt das Garaufbrechen. Der Frischer hebt das Eisen über die Form in die Höhe, so dass die glühenden Kohlen unter dasselbe fallen, stösst den Schwahl, der am Frischboden sich festgesetzt hat, los, beschüttet das Eisen mit frischen Kohlen und steigert nun die Temperatur, bis das Eisen wieder halbflüssig wird und in kochende Bewegung geräth. Das kräftig wirkende Gebläse, das Kochen der Eisenmasse, die hohe Temperatur, Alles vereinigt sich nun zur Reinigung des Metalles. Nachdem das Eisen sich zu einer Masse vereinigt hat, hebt der Frischer einzelne Stücke oder Anlaufkolben (lopins) heraus, indem er einen Eisenstab hineinsteckt, an welchen sich so viel Eisen hängt, als er zum Ausschmieden braucht. Der chemische Process ist nun vollendet und das Eisen wird fortan auf mechanischem Wege, entweder unter dem Hammer oder mit Hilfe von Walzwerken in Stäbe gereckt. Vorher wird von der Eisenmasse der Hammerschlag, Glühspan oder Zunder mit einem hölzernen Hammer abgeklopft und ihr dann unter dem Hammer eine würfelähnliche Gestalt ertheilt (das Zängen, le cinglage), und darauf in 4 oder 6 Stücke (Schirbel, massoques, maquettes) zerhauen. In einem Feuer können in einem Tage 800 bis 1200 Pfund Roheisen gefrischt werden. Die gefrischte Eisenmasse führt den Namen Deul oder Luppe (Klump, Frischstück, Massel, Wolf, loupe). Sie ist entweder sofort Handelswaare oder wird auf dem Hüttenwerke weiter verfeinert (Draht- und Blechfabrikation). Eine Frischung dauert ungefähr 5 Stunden. Die Frischschlacke (*refining cinders*) wird entweder im Hohofen auf Roheisen verarbeitet oder zum Frischen des Roheisen benutzt. Der Hammerschlag dient als stark garender Zuschlag beim Frischen, die Gichtgase (Frischfeuergase) endlich benutzt man zum Verglühen des Eisens, zum Puddeln, zur Dampferzeugung, zum Erhitzen der Gebläseluft und zum Blechglühen.

38. Von der gewöhnlichen Herdfrischmethode sind mehr oder minder folgende Verfahren abweichend:

1) die Suluschmiede, in Schweden üblich; sie giebt keine günstigen Resultate, weil die Stücke, die einzeln aus dem Herd genommen und für sich verschmiedet werden, mehr oder weniger stahlartig sind;

2) das But- oder schwedische Klumpfrischen, wobei weisses, garschmelziges Roheisen in Massen von 2—3 Centner zu einem Klump zusammengeschmolzen und nur einmal aufgebrochen wird. Es liefert ein gutes Eisen;

3) die Halbwallonenschmiede, in Frankreich (hier forge de Berry genannt) und Schweden gebräuchlich, unterscheidet sich von der eigentlichen deutschen Frischerei dadurch, dass sie nur Schirbel (vgl. S. 52) herstellt und dieselben nicht ausschmiedet;

4) die Wallonenschmiede, an der Lahn, in der Eiffel und in Steiermark gebräuchlich. Man schmilzt nur geringe Quantitäten Roheisen, ohne die Vorbereitung des Weissmachens etc., möglichst gar nieder, bricht gar auf und lässt dann eingehen. Eine Luppe, welche unter dem Hammer zusammengeschlagen und an einen besonderen Reckherd abgegeben wird, wiegt 40—60 Pfund;

5) die Löschfeuerschmiede (in der Grafschaft Henneberg und im Thüringer Wald), so genannt, weil ihr Boden und Formzacken fehlen, besteht einfach in einer Kohlenlöschgrube, in welcher man Roheisen mit schon fertigem Stabeisen möglichst schnell und ohne Aufbrechen zur Gare bringt. Das Einschmelzen und Ausschmieden des Deuls bildet zwei verschiedene Arbeiten;

6) die steirische Einmalschmelzerei; es wird in dem frisch beschickten Herde zunächst das Schmiedeeisen des früheren Frischens ausgeheizt, während man die Gänze von dem Gichtzacken allmälig bis über die Form rückt und dort niederschmelzen lässt. Es wird nicht aufgebrochen. Das Ausheizen des in Steiermark Daichel genannten Schirbel geschieht häufig mit Garschlacke, welche auch noch frischend wirkt;

7) die Siegensche Einmalschmelzerei schmilzt halbirtes oder blumiges Roheisen nieder und unterscheidet sich von der vorhergehenden hauptsächlich dadurch, dass grössere Luppen (3—4 Centner) gemacht werden;

8) die Frischarbeit am Schwahlboden, in Ungarn und Oesterreich üblich, ist den beiden vorstehenden ähnlich;

9) die Osemundschmiede, in der Grafschaft Mark gebräuchlich, unterscheidet sich von der Wallonenschmiede nur durch das Ausheizen der Anlaufkohlen im Herde selbst;

10) die Müglafrischschmiede oder das Brockenschmelzen (affinage bergamasque), in Kärnten und Frankreich üblich; es wird mehr roh eingeschmolzen und darauf dem noch flüssigen Eisen garende

Mittel zugesetzt, bis eine trockne bröcklige Masse entstanden ist, die ein zweites Mal niedergeschmolzen wird. Sie liefert bei sehr grossem Kohlenverbrauche ein sehr gutes Eisen, ähnlich verfährt man in Berchtesgaden und Salzburg bei der Sinterfrischerei und in Böhmen, Mähren, Ungarn bei der Brechschmiede.

11) die hochburgundische Frischmethode (Comtéfeuer) wird in Belgien, im südwestlichen Deutschland, im südöstlichen Frankreich und in der Schweiz angewandt. Das Roheisen wird tropfenweise eingeschmolzen, die rohen Partien nochmals über die Form gebracht und endlich durch das Garaufbrechen alle Eisentheile zu einem Klumpen in der Mitte des Feuers vereinigt. Zuletzt wird der Deul ausgeschmiedet;

12) die schwäbische Frischmethode oder Kartitscharbeit wird durch zweimaliges Einschmelzen in zwei besonderen Herden ausgeführt; es wird das Roheisen in den Hartzerrennherden mit gärenden Zuschlägen zu einem Klumpen (Kartitsch, Kortisch, Hartfloss, Hase, Hahn) eingeschmolzen, den man im glühenden Zustande aufbricht und nach Art der steirischen Einmalschmelzerei verfrischt;

13) die südwalliser Frischarbeit beginnt mit der Darstellung von Feineisen, welches im noch flüssigen Zustande in den mit Holzkohlen beheizten Frischherd gebracht und dann mit Wasser abgekühlt wird; die erhaltenen kleinen Frischstücke werden an Eisenstäben in den Wind gehalten, wobei kleine 10—12 Pfund schwere stahlartige Luppen erfolgen, welche zu flachen Scheiben zusammengeschlagen und in Schweissöfen völlig gar gefrischt werden.

39. Frischarbeit in Flammenöfen (Puddeln). Die geringe Qualität des mit Hülfe von Koks in Herden oder in Feuern gefrischten Schmiedeeisens und der überaus grosse Abgang, welchen das Roheisen dabei erleidet, verbunden mit dem zunehmenden Holzmangel, führten in Grossbritannien nach Einführung des Kokshohofenbetriebes auf die Idee, das Verfrischen des Roheisens mittelst Steinkohlen auszuführen. Schon in der Mitte des 17. Jahrhunderts waren in England Patente auf die Steinkohlenverfrischung ertheilt worden, jedoch gelang es erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts, der Holzkohlen gänzlich entbehren zu können. Im Jahre 1787 bewerkstelligten zuerst Cort und Parnell das Verfrischen des Roheisens auf Flammenofenherden oder das Eisenpuddeln. Diese Frischmethode ist mit mehreren Modificationen und Verbesserungen jetzt allgemein in Deutschland und Frankreich eingeführt, und nur durch sie allein ist die ungeheuere Stabeisenproduction, welche der Eisenbahnbau und die Maschinenfabrikation erheischten, möglich geworden. Sie hat die Eigenthümlichkeit, welche wesentlich mit der Anwendung der Steinkohle zum Frischen zusammenhängt, dass das Roheisen und der Brennstoff sich im Puddelofen nicht in unmittelbarer Berührung befinden, sondern der Art getrennt liegen, dass das

Frischen lediglich mittelst der aus der Steinkohle entwickelten Flamme und der durch den Zug des Ofens zugeführten Luft, aber ohne Gebläse geschieht.

Da das mit Koks erblasene Roheisen fast immer ein sehr graphitreiches und siliciumhaltiges graues (daher rohschmelziges) Roheisen ist, so geht dem eigentlichen Frischprocess die vorbereitende Operation des Feinens (oder Weissmachens), die Umwandelung in Feinmetall voraus, was in besonderen Oefen oder Herden, den Affinirfeuern, geschieht und darin besteht, dass man das zu feinende graphitreiche Roheisen unter einem starken Luftstrome niederschmilzt, wobei es in garschmelziges weisses Roheisen übergeht. Der Abgang beim Feinmachen beträgt etwa 10 bis 15 Proc.; der Verbrauch an Koks auf 20 Centner Eisen etwa 4—5 Centner. Das Feinmetall wird zerschlagen, gewogen und dem Puddelofen übergeben. Ein gewöhnliches Affinirfeuer kann täglich 200 Centner Feinmetall liefern, demnach etwas mehr, als ein Hohofen an Ausbeute giebt; dafür arbeiten aber die Affinirfeuer nur 6 Tage die Woche, während der Hohofen ohne Unterbrechung Roheisen giebt, so dass beide gleichen Schritt mit einander halten können. Das Puddeln, (puddlage, *puddling*, von dem englischen Zeitwort *to puddle*, umrühren, durcharbeiten) wird in dem Puddelofen (fourneau à puddles, *puddling furnace*), Flammenöfen, vorgenommen, deren Feuerungsraum eine verschiedene Construction hat, je nachdem mit festem Brennmaterial oder mit Gasen geheizt wird. Ein mit Steinkohlenfeuerung versehener Puddelofen hat folgende Einrichtung (Fig. 10 zeigt den Ofen im Vertikaldurchschnitt, Fig. 11 im Horizontaldurch-

Fig. 10.

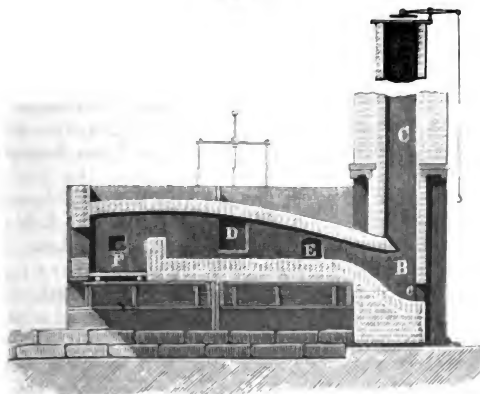
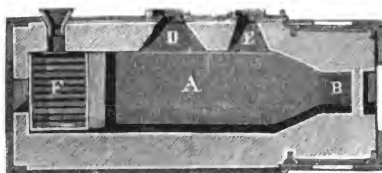


Fig. 11.



schnitt): *F* ist der Feuerraum, *A* der Puddelherd oder Arbeitsraum, aus Sand oder zerkleinerter Frischschlacke auf einer eisernen Bodenplatte gebildet, und *C* der Kanal, durch welchen die abziehenden Gase in die 30 bis 40 Fuss hohe Esse treten. Der Feuerraum ist von dem Arbeitsraum durch eine Brücke, die Feuerbrücke, getrennt. Mittelst einer Klappe oder eines Registers kann der Zug in der Esse regulirt werden. Der Arbeiter trägt das zerschlagene weisse Roheisen (300 bis 350 Pfund) auf den Herd ein und giebt auf den Rost Steinkohlenfeuer. Nachdem die Temperatur die erforderliche Höhe erreicht hat, nimmt das Eisen eine teigige Beschaffenheit an; es wird sodann mittelst einer Krücke über die Herdsohle des Ofens ausgebreitet und bei verminderter Temperatur fortwährend umgerührt (gepuddelt). *D* und *E* sind Arbeitsöffnungen, die leicht geschlossen und geöffnet werden können. Auf dem breiigen Eisen zeigen sich blaue Flämmchen von brennendem Kohlenoxydgase und das Eisen wird zäher und steifer und endlich sandartig (trocken, *todry*). Sobald die Flämmchen seltener zu werden beginnen, geht die Entkohlung (durch den Sauerstoff der Luft und des Eisenoxyduls der Schlacken) zu Ende und man schreitet unter Steigerung der Temperatur zum Zusammenschweissen der einzelnen Stücke zu Luppen (*balls*), indem der Arbeiter einen Brocken auf der weichen Masse hin- und herrollt, bis sich ein Ballen von 60—70 Pfund gebildet hat, den er an die heisseste Stelle des Herdes bringt, um hier noch weicher zu werden. Es werden nach Umständen 3—6 Luppen gebildet, welche einzeln mit Hilfe einer Zange aus dem Ofen gezogen werden. Die ganze Operation des Puddelns währt 2—2½ Stunden, es kann der Process mithin in 24 Stunden 8—10 mal wiederholt, demnach gegen 36—40 Centner Roheisen verarbeitet werden. Der Verlust an Eisen beträgt bei geschickter Leitung nicht mehr als 8—10 Proc. Der Verbrauch an Steinkohlen kommt an Gewicht dem des verarbeiteten Roheisens gleich. Fünf Puddelöfen gewöhnlicher Grösse verarbeiten das Roheisen eines Hohofens und des dazu gehörigen Affinirfeuers, was theils durch den Arbeiter, theils durch Maschinen (Puddelmaschinen) geschieht. Der grösste Theil der beim Puddeln sich bildenden Schlacke fliesst vorn im Ofen von dem Eisen über die schiefe Ebene *B* ab und wird von Zeit zu Zeit durch eine besondere Oeffnung abgelassen.

40. Wendet man anstatt des weissen Roheisens graues kohlenreiches an, so schmilzt man dieses ein, nachdem man auf den Herd

reichlich Frischschlacken gebracht hat, wo durch die oxydirende Einwirkung der Schlacken das Eisen erst in den Zustand versetzt wird, in welchem sich das weisse Roheisen (Feinmetall) befindet, wenn es zu erweichen beginnt. Das geschmolzene Roheisen wird mit den flüssigen Schlacken in fortwährender Bewegung erhalten, auch wol nach dem Flüssigwerden durch häufiges Begiessen mit Wasser in den teigigen Zustand zurückgeführt. Beim Puddeln des grauen Roheisens steigt der Abgang auf etwa 30 Proc. Man nennt das vorstehende Verfahren das Schlackenpuddeln.

Anstatt durch die directe Steinkohlenflamme betreibt man die Puddelöfen auch mit den Gichtgasen des Hohofens (vergl. S. 44), oder dem durch unvollkommene Verbrennung von Holz, Torf, Braunkohlen erzeugten Gasgemenge (Generatorgase), indem man jene Gase mit Luft gemischt in dem Puddelofen verbrennen lässt (Gaspuddeln, puddlage au gaz, *gas-puddling*). Der Generator, eine schachtähnliche Vorrichtung, in welcher das Brennmaterial in Gase (von ähnlicher Zusammensetzung wie die Gichtgase des Hohofens, jedoch mit vorwaltendem Kohlenoxydgas) verwandelt wird, ist unmittelbar vor dem Flammenofen angelegt, so dass die darin producirten Gase fast ebenso heiss zur Verbrennung gelangen, als sie aus dem Generator entweichen. Seit einigen Jahren wendet man hierbei die Siemens'sche Regenerationsfeuerung (*regenerative gas furnace*) an. Das ihr zu Grunde liegende Princip hat den Grundgedanken mit der calorischen Maschine gemein. So wie nämlich dort seiner Zeit Drahtgeflechte zur Anwendung kamen, um die verlorene Hitze von der austretenden auf die zutretende Luft zu übertragen, so werden bei den Siemens'schen Generatoren mit Gasfeuerung lose mit feuerfesten Ziegeln angefüllte Kammern dazu verwendet, um die in dem verbrauchten, dem Schornstein zuströmenden Gase enthaltene Wärme aufzufangen und nutzbar in den Herd der Verbrennung zurückzuführen. Sind zwei solcher Kammern vorhanden, so wird durch eine wechselseitige Wärmeaufnahme und Abgabe der Kammern zweierlei erreicht: zunächst eine grosse Menge Wärme, die sonst zu Verlust gegangen wäre, zu Gute gemacht, dann das Feuer mit heisser Luft gespeist und mithin die Verbrennungstemperatur gesteigert. Dabei bleibt die Siemens'sche Einrichtung aber keineswegs stehen, denn zwei andere Kammern wärmen auch das Brennmaterial vor, welches zu dem Behufe stets in einem Generator zuvor in Gas verwandelt wird. Diesem Heizgas entsprechen eben so wie der dem Feuer zuziehenden Luft zwei Heizkammern.

Eisen, welches viel Schwefel und Phosphor enthält, wird davon befreit, indem man während des Puddelns in das geschmolzene Eisen das sogenannte Schafhäutl'sche Mittel, eine Gemenge von $1^3/_4$ Th. Braunstein, $3^3/_4$ Th. Kochsalz und $^2/_3$ Th. Töpferthon einträgt. Nach Richter trägt Bleiglätte besser zur Oxydation des Schwefels bei als

Braunstein. Auch Wasserdämpfe im überhitzten Zustande hat man zur Entfernung des Schwefels aus dem Eisen anzuwenden vorgeschlagen.

41. Die Theorie des Puddlingsprocesses ist folgende: Beim Zuströmen von Luft zu dem auf dem Herde des Flammenofens eingeschmolzenen Roheisen bildet sich eine nicht unbedeutende Menge von Eisenoxydul-Oxyd, dessen Sauerstoff den Kohlenstoff des Roheisens in Gestalt von Kohlenoxydgas entfernt, das in mit bläulicher Flamme verbrennenden Bläschen entweicht. Mit der fortschreitenden Entkohlung wird die Masse immer strengflüssiger und es bilden sich in ihrem Innern feste Körper von Schmiedeeisen, deren Menge zunimmt und welche mit dem Rühreisen zusammengehäuft und lose an einander geschweisst werden. Dadurch trennt sich das noch kohlehaltige Eisen und wird durch fortgesetztes Umrühren völlig entkohlt. In der Praxis ist jedoch dieser Process nicht so einfach, dies hat darin seinen Grund, dass es 1) nicht wol möglich ist, alles Eisenoxydul-Oxyd mit dem Kohleeisen in Berührung zu bringen, weshalb leicht Oxyd im Eisen bleibt, wodurch der Zusammenhang der einzelnen Theile aufgehoben wird. Dieses überschüssige Oxyd sucht man durch Zusatz von Rohschlacke (SiO_3, $3\,FeO$) zu entfernen, welche dadurch in Garschlacke (SiO_3, $6\,FeO$) übergeht. Durch die Abscheidung des Eisenoxydul-Oxydes wird ein Eisenverlust von 4—5 Proc. herbeigeführt, zu dem noch durch das Verbrennen des Kohlenstoffs etwa 5 Proc. kommen. Ein anderer Grund liegt 2) in einem Gehalte des Roheisens an Hohofenschlacke und mechanisch anhängender Kieselerde etc. Während des Puddelns vereinigt sich die freie Kieselerde mit der Hohofenschlacke; kommt nun in dem letzteren Stadium des Processes diese kieselerdereiche Schlacke mit dem Eisenoxydul bei mangelndem Kohlenstoff in Berührung, so giebt sie ihre Kieselerde theilweise an das Eisenoxydul ab und bildet mit demselben Garschlacke, welche an den Wänden und der Sohle des Ofens adhärirt, und eine basische, strengflüssige Hohofenschlacke, welche mit dem Eisen gemengt bleibt. Diese Schlacke zu entfernen, ist der Puddlingsprocess nach seinem gegenwärtigen Stande durchaus unfähig. Der Faulbruch eines Eisens, von welchem diese Schlacke zwei oder mehrere Procente ausmacht, erklärt sich dadurch auf eine ganz ungezwungene Weise.

Darstellung des Stahls.

42. Man kann den Stahl darstellen:

a) direct aus Eisenerzen:

1) durch Reduction der Erze im Holzkohlenfeuer eines Gebläseherdes, wobei der Stahl als ungeschmolzener Klumpen zum Vorschein kommt (natürlicher Stahl);
2) durch Glühen der Erze mit Kohle ohne Schmelzung (Cementstahl aus Erzen);

3) durch Schmelzen der Erze mit Kohle in Tiegeln, wobei der Stahl als flüssige Masse erhalten wird (Gussstahl aus Erzen);

b) durch theilweise Entkohlung von Roheisen:

4) durch Frischen in Herden mittelst Holzkohlenfeuerung (Schmelz-, Frisch- oder Rohstahl);

5) durch Frischen in Flammenöfen bei Steinkohlen- oder Gasfeuerung (Puddelstahl);

6) durch Einblasen von Luft in flüssiges Roheisen (Bessemerstahl);

7) durch Glühen des Roheisens mit entkohlenden Substanzen ohne Schmelzung (Glühstahl);

8) durch Schmelzen des Roheisens mit entkohlenden Substanzen (Gussstahl aus Roheisen);

c) durch Kohlung von Schmiedeeisen:

9) durch Glühen mit Kohle ohne Schmelzung (gewöhnlicher Cementstahl);

10) durch Schmelzen mit Kohle (Gussstahl aus Schmiedeeisen);

d) durch Combination von b, und c,

11) durch Schmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen.

a) Die Fabrikation von sogenanntem natürlichen Stahl, unmittelbar aus den Erzen, geschicht wie bei der Schmiedeeisenbereitung entweder in Stücköfen oder in Herden. Der Betrieb der Stücköfen ist jetzt gänzlich eingegangen, und man musste vor Zeiten die erhaltenen Stücke jedesmal untersuchen, ob sie sich zu Stahl, oder zu Schmiedeeisen eignen würden. Bei dem ganzen Verfahren spielte also der Zufall eine grosse Rolle. Die erhaltenen Stücke wurden zwischen einer Zange gefasst und in einem Frischfeuer bis zur Schmelzhitze erhitzt. Der in der Zange zurückgebliebene, nicht geschmolzene Klumpen wurde zu Stahl ausgeschmiedet, das eingeschmolzene und in den Herd eingegangene Eisen aber zu Schmiedeeisen verfrischt und weiter bearbeitet. — Eben so wenig ist es heutzutage noch gebräuchlich, in den Rennherden oder Luppenfeuern absichtlich Stahl zu erzeugen, indem man ihn häufig genug unabsichtlich bei jener Arbeit erhält. Der Stahl, welchen die Luppenfrischer zufällig erhalten, wird Wolfsstahl genannt, er ist in der Regel sehr eisenhaltig und nur zu gröberen Gegenständen anwendbar. Das aus den Blau- oder Blaseöfen erhaltene stahlartige Eisen nennt man Blase- oder Osemundstahl. Auch dieser Stahl ist ein sehr verschiedenartiges Gemenge von hartem und weichem Stahl und von Schmiedeeisen.

Seit etwa 10 Jahren sucht man Stahl direct aus den Eisenerzen dadurch zu gewinnen, dass man das zerkleinerte Erz durch Glühen mit Kohle reducirt und zugleich eine gewisse Menge Kohlenstoff an das reducirte Eisen treten lässt (mithin cementirt), worauf dann das Schmelzen, mit oder ohne Zusatz von kohlehaltigen Substanzen erfolgen kann,

um Gussstahl zu erzeugen. Hierher gehört das Verfahren von Chenot[1]) und von Gurlt[2]). Nach dem ersteren werden die gerösteten und gepochten Erze im glühenden Zustande durch Kohlenoxydgas reducirt, wodurch sie sich in eine poröse Masse — Eisenschwamm — verwandeln. Dieser Schwamm wird in eine Fettmischung, Pech etc. getaucht, dann geglüht und endlich in Tiegeln geschmolzen. Gurlt dagegen leitet Generatorgase in einen mit den Eisenerzen gefüllten Ofenschacht nebst einem Luftstrom, welcher nur zur theilweisen Verbrennung des Gases hinreicht, wodurch bei genügend lange fortgesetzter Einwirkung schwammähnlicher Stahl sich bildet, welcher schliesslich umgeschmolzen wird. Ueber das Stadium des Versuches sind indessen beide Methoden nicht hinausgekommen.

Stahlerzeugung aus Roheisen.

43. b) Die Umwandelung des Roheisens in Stahl geschieht entweder 1) in Herden oder 2) in Flammenöfen (Puddelstahl), oder 3) durch das Bessemern (Bessemerstahl). Das durch die Herdfrischung erhaltene Product führt die Namen Rohstahl, Schmelzstahl, Frischstahl, Mock, acier brut, acier naturel, acier de forge, acier de fonte, acier d'Allemagne, *rough steel*, *natural steel*, *furnace steel*, *german steel*. Das zum Stahlfrischen geeignetste Eisen ist das weisse rohschmelzige Roheisen (Spiegelfloss), das blumige und luckige Eisen. Im Allgemeinen erhält man ein zur Darstellung von Stahl sich besonders eignendes Roheisen durch Verschmelzen von reinen Spath- und Brauneisensteinen, besonders den manganhaltigen (Stahlerze). Das Stahlfrischen unterscheidet sich vom Eisenfrischen hauptsächlich dadurch, dass man das Garwerden des Roheisens durch eine langsame Behandlung unter dem Winde zu bewirken sucht, während das Roheisen beim Eisenfrischen stets vor oder über dem Winde gehalten werden muss. Dadurch wird der Kohlenstoff nur allmälig verbrannt und der Arbeiter hat es in seiner Gewalt, den Process in dem Augenblicke zu unterbrechen, wo der Stahl gar ist. Eine Fortsetzung der Operation würde natürlich den Stahl in Schmiedeeisen überführen. Das Rohstahlfeuer hat im Wesentlichen die Einrichtung eines Frischfeuers.

Die in Stahl zu verwandelnden Roheisenstücke (Heite, Heize) werden an der Gicht vorgewärmt, dann mit etwas Hammerschlacke allmällig niedergeschmolzen, wobei der Wind sehr tief geht und die Kohlen hohl bläst. Ist das Eisen vollkommen flüssig, so lässt man das Gebläse langsamer gehen, es wird Hammerschlacke aufgestreut und mit einer Brechstange einige Zeit umgerührt, bis sie breiartig wird. Man schmilzt so mehrere Stücke Eisen herunter, lässt dann das Gebläse sehr rasch

1) Wagner's Jahresbericht 1855 p. 10; 1856 p. 21.
2) Wagner's Jahresbericht 1856 p. 7.

gehen und rührt um, wobei das Eisen unter heftigem Wallen gar wird. Sticht man den Stahl, wenn er eben aufzukochen und die Kohlen in die Höhe zu heben beginnt, aus dem Schlackenloche ab, so erhält man den Willerstahl oder wilden Stahl, der neben ausserordentlicher Härte weder Schweissbarkeit noch Geschmeidigkeit besitzt und in der Mitte steht zwischen Roheisen und Stahl; er wird wegen seiner Härte zu den Drahtzieheisen verwendet. Ist der Stahl gar, so stellt man das Gebläse ab, entfernt die Kohlen, bricht die Luppe (den Stahlschrei) aus, bringt sie unter den Hammer und zerhaut sie in 6, 7—8 Stücke. Bei besseren Sorten Roheisen sollen aus 7 Centnern 5 Centner Rohstahl und bei sehr gutem Roheisen aus 4 Centnern 3 Centner Rohstahl erfolgen. Ein Feuer kann wöchentlich 25 Centner Rohstahl liefern. In der Grafschaft Mark setzt man altes Schmiedeeisen (garen Schrat) hinzu, wodurch sich der Stahl natürlich früher zur Gare neigt. Häufig verwendet man bei einem Schrei zu $^2/_3$ Rohstahleisen $^1/_3$ altes Schmiedeeisen. Man nennt dieses Verfahren die Schratschmiede. Im Siegen'schen verarbeitet man Spiegeleisen; der fertige Stahl wird ausgeschmiedet und die heisse Stange in kaltes Wasser geworfen. Mit der erkalteten Stange schlägt darauf der Arbeiter auf die Kante eines Ambosses, wodurch ein Theil der Stange wie Glas abspringt. Der abspringende Theil, welcher gegen 75 Proc. beträgt, heisst Edelstahl und ist das Hauptmaterial der gesuchten Stahlwaaren der Grafschaft Mark; der weichere Theil (Mittelkühr) beträgt 25 Proc. und ist zu Sensen, Sägeplatten etc. sehr gut verwendbar.

44. Das beschriebene Verfahren des Stahlfrischens ist im nördlichen Deutschland (Westphalen, Schlesien), sowie auch in Schweden mehr oder weniger modificirt, üblich. Im südlichen Deutschland, in Ungarn, Italien und Frankreich, wo man nur weisses manganhaltiges Roheisen zur Stahlfabrikation anwendet, ist der Betrieb wesentlich abweichend und wird zum grössten Theile durch die Beschaffenheit des Roheisens, sowie durch hergebrachte Gewohnheit bestimmt. Am ausgezeichnetsten wird die Stahlhüttenwirthschaft im Siegen'schen, in Steiermark, Krain, Kärnten und Tirol betrieben. Die vorzügliche Güte der Erze erleichtert die Herstellung und die gewissenhafte Befolgung der schon Jahrhunderte ausgeübten Darstellungsarten ist die Ursache der ziemlich gleichbleibenden Eigenschaften der verschiedenen Stahlsorten.

Das Spiegeleisen eignet sich eben so gut zum Schmiedeeisen wie zum Stahl, und es ist von dem Arbeiter abhängig, das Feuer so zu reguliren, dass Stahl oder Schmiedeeisen sich bildet. Zeigt nämlich das Roheisen in den gewöhnlichen Frischherden Neigung, beim ersten Einrennen eine dichte Luppe zu bilden, so ist dies ein Zeichen, dass Rohstahl sich bilden wird; in diesem Falle vermeidet es der Arbeiter, das Eisen wieder in die Höhe zu heben und es dem Luftstrome auszusetzen, wodurch sich Stabeisen bilden würde. Es ist nun leicht, die

Stahlbildung durch eine schnelle Hebung der Form zu befördern und den Wind dadurch mehr von der eingeschmolzenen Masse abzuleiten. Der so erzielte Stahl heisst in Steiermark Sensenschmiedestahl, weil er zu Sensen, Sicheln, Strohmessern u. dgl. Schneideinstrumenten gebraucht wird, welche keine stehende harte Schneide erfordern. Der zu dünnen Stäben ausgereckte Sensenschmiedestahl führt den Namen Mock. Beide — Sensenzeug und Mock — sind jedoch sehr eisenhaltiger Stahl, der wiederholte Schweisshitze nicht verträgt, ohne in Schmiedeeisen überzugehen. Abweichend von dem beschriebenen Verfahren ist die Kärtner- oder Brescianstahlfrischerei, welche das im Rohstahlfeuer (Brescianhammer) eingeschmolzene Roheisen in Scheiben (Böden) reisst, und diese dann in kleineren Partien zu Stahl frischt. Dieses Verfahren wird in der Paal (in Steiermark) mit einigen Abänderungen ausgeführt, weshalb man die Brescianstahlfrischerei auch in die eigentliche Kärtner und in die Paaler eintheilt. Ein Kärtner Feuer liefert wöchentlich 30—35 Centner Stahl; der Abgang beträgt 25 Proc.

45. Die im Handel am häufigsten vorkommenden Sorten steierischer und kärtner Rohstahl sind folgende: Der rohe oder Mockstahl, welcher theils für sich zu verschiedenen Waaren, z. B. zu Sensen verarbeitet, theils auf den Stahlhämmern zu Schienen gestreckt wird, welche die Namen Scharsach- oder Tannenbaumstahl, Meissel- oder Kernstahl, Zweckschmiedstahl, Mittelzeug u. s. w. führen. Die verschiedenen Sorten des Scharsachstahles sind alle mit Tannenbaum, Doppeladler, Innernberg, der Hammermarke und der Nummer bezeichnet. Der Brescianstahl (Fassel- oder Kistenstahl) hat seine Benennung daher, dass diese Stahlsorte zum Behufe der Waffen- und Dolchfabrikation aus Steiermark, Kärnten und Krain nach Oberitalien, zumal nach Brescia, versendet wird (quadratische Stäbe). Der Azallonstahl (azzalone di bianca, azzalone di machia) (flache Stäbe). Einfacher Romanstahl und zwar in seinen Unterabtheilungen: Romanstahl (□ R als Zeichen), 1—2 Fuss lang; Stückstahl $1\frac{1}{2}$ Zoll im Quadrat und 12—18 Zoll lang; Zweidupfmock mit dem Zeichen :°; Dreidupfmock ⁝°; Zweidupfstahl : FS oder flachgevierter Stahl $^{5}/_{8}$ Zoll breit und $^{1}/_{2}$ Zoll dick; Dreidupfstahl ⁝ TS $^{1}/_{2}$ Zoll im Quadrat; kurzer Münzstahl : FS : 2 Fuss lang; langer Münzstahl ⁝ FS ⁝ $^{1}/_{2}$ Zoll im Quadrat, 3 Fuss lang; raffinirter Romanstahl: raffinat kurzer Münzstahl oder Sechsdupfstahl ⁞⁞ $\frac{FS}{G}$, raffinat langer Münzstahl oder Zwölfdupfstahl ⁞⁞ $\frac{FS}{G}$ ⁞⁞.

46. Das Stahlpuddeln oder die Bereitung von Schmelzstahl (Puddelstahl) in Flammenöfen (zuerst im Jahre 1850 von Lohage

in Westphalen ausgeführt) ist nach neuern Erfahrungen nicht geeignet, einen sich durch Qualität auszeichnenden, wol aber billigen und wohlfeilen Stahl zu erzeugen. Es ist die Aufgabe des Stahlpuddelns, nur einen Theil des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs zu verbrennen, was wesentlich dadurch erreicht wird, dass der Luftzutritt in dem Augenblick unterbrochen wird, in welchem der noch vorhandene Kohlenstoff zur Bildung von Stahl noch hinreicht. Man benutzt den Puddelstahl weniger zu Schneidewaaren, Klingen, Sägen, Federn, Feilen etc., als vielmehr im ausgewalzten Zustande zu Stahlbeschlägen für Portefeuillearbeiten, zu ordinärem Stahlguss (Gussstahlglocken, Axen, Kurbeln etc.), zu Stahltyres etc. Zu Lohe im Siegenschen verarbeitet man in 24 Stunden im Puddelofen 4200 Pfund (d. h. 350 Pfund in 12 Beschickungen) Rohstahleisen, woraus bei 9 Proc. Abgang beim Puddeln und 11 Proc. beim Ausschweissen 3360 Pfund Puddelstahl erfolgen und zwar 75 Proc. erster und 25 Proc. zweiter Sorte. Gegenwärtig wird das Stahlpuddeln in Belgien, England, Frankreich, Westphalen etc. in grosser Ausdehnung betrieben, auch ist dabei wie bei dem Eisenpuddeln, vielfach die Heizung mittelst brennbarer Gase, so wie die Siemens'schen Generatoren (*regenerative gas furnace*) in Anwendung gebracht worden. Was die Qualität des Puddelstahls betrifft, so fällt dieselbe ungleich aus und macht schliesslich ein sorgfältiges Sortiren erforderlich; jedoch hat man es in der Gewalt, ein härteres und ein weicheres Product zu erzielen, auch hat die Puddelstahlfabrikation Gelegenheit gegeben, ein neues, zu vielen Verwendungen geeignetes Material einzuführen, nämlich das sogenannte Feinkorneisen, welches in Kohlenstoffgehalt und Eigenschaften die Mittelstelle zwischen weichem Schmiedeeisen und gutem Stahle einnimmt.

47. Bessemerstahl oder Bessemermetall. Die Anwendung eines Stromes atmosphärischer Luft zum Entkohlen des flüssigen Roheisens, um aus diesem direct Stahl darzustellen, bildet die Basis des Bessemerprocesses, durch welchen der nach dem Erfinder Henry Bessemer in Sheffield benannte Bessemerstahl (*Bessemer steel*) dargestellt wird. Wenn beim Verfrischen des Roheisens zu Stahl, sei es nun im Frischherde oder im Puddelofen, zwar die Luft durch ihren Sauerstoff thätig ist, um die Entkohlung des Roheisens zu bewirken, so äussert sie doch ihre Wirkung dort nur auf die Aussenfläche kleinerer oder grösserer Eisentheilchen und die Operation schreitet daher nur langsam vorwärts; zugleich ist die Temperatur nicht hoch genug, um den resultirenden Stahl, welcher strengflüssiger ist als das Roheisen, flüssig zu erhalten. Daher kommt es, dass durch den Frischprocess der Stahl in Form einer teigigen Masse erhalten wird, deren Ungleichförmigkeit man durch nachheriges Umschmelzen zu beseitigen sucht. Bessemer dagegen treibt grosse Mengen Luft durch ein sehr heiss geschmolzenes Roheisenquantum und vollendet so deren Entkohlung und Um-

wandelung in Stahl in ausserordentlich kurzer Zeit. Dabei erhöht sich die Temperatur in Folge der Verbrennung des Kohlenstoffs, einer kleinen Menge Eisen und der vorhandenen fremden Stoffe (Silicium, Aluminium, Phosphor etc.) dergestalt, dass auch nach Beendigung der Entkohlung der resultirende Stahl flüssig bleibt — ein in ökonomischer Hinsicht wichtiges Moment — und sofort in Formen gegossen werden kann. Die Möglichkeit eines regelmässigen Betriebes des Bessemerns, welches anfänglich mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, ist in England 1857 erreicht worden, in welchem Jahre auch das Bessemerverfahren nach Schweden verpflanzt wurde. Seit 1862 hat das Verfahren auch in Frankreich, Belgien, Oesterreich und Deutschland (Rheinprovinz, Schlesien und Nassau) Eingang gefunden.

Den Haupttheil des zum Bessemern angewendeten Apparates bildet eine eiförmige Retorte aus Eisenblech, welche mit feuerfestem Thon ausgefüttert ist, auf zwei in ihrer Queraxe liegenden Zapfen im Gleichgewichte hängt und durch Räderwerk um diese Zapfen gedreht werden kann. Die Windführung geschieht mittelst eines mächtigen Cylindergebläses durch den einen Zapfen, welcher hohl ist und die Luft strömt ins Innere der Retorte aus 49 Oeffnungen von etwa 12—15 Millimeter Durchmesser. Nachdem die Retorte zur Weissglut vorgewärmt wurde, werden sofort 60 Centner geschmolzenes graues Roheisen eingelassen, durch welches nun die eingeblasene Luft strömt, wobei unter Aufkochen und Funkensprühen eine intensive Verbrennung eintritt (der Abbrand beträgt bis zu 20 Proc. des eingesetzten Eisengewichtes). Dieser Vorgang dauert etwa 10 Minuten. Sodann wird ein gewisses Quantum geschmolzenes weisses Roheisen (Spiegeleisen) zugesetzt und nach einigen schaukelnden Bewegungen der Retorte, um die Vermischung zu erzielen, der Inhalt in einen grossen Kessel ausgegossen, aus diesem aber durch eine im Boden befindliche Oeffnung in die gusseisernen Formen abgelassen, in welchen der Stahl die Form prismatischer Blöcke annimmt. Im Vergleich mit dem gewöhnlichen Verfahren der Gussstahlbereitung gewährt Bessemer's Methode grosse Ersparniss an Zeit und Kosten und dabei den Vortheil, sehr beträchtliche Massen in Einem Schmelzgefässe vereinigt für den Guss schwerer Gegenstände zu liefern. Aus dem Zusatz des kohlenstoffreichen Spiegeleisens geht hervor, dass die Entkohlung des grauen Roheisens fast vollständig, d. h. ziemlich bis zum Zustande des Schmiedeeisens getrieben sein muss, was zwar den Eisenabbrand vergrössert, aber für zweckmässig gehalten wird, entweder weil der Zeitpunkt nicht genau festzustellen ist, wo das Product ohne weiteres einen guten Stahl darstellt, oder weil eine genügende Oxydation der im Roheisen vorhandenen fremden Stoffe bei früherem Abbrechen des Processes nicht stattfinden würde.

Der Bessemerstahl weicht in seinen Eigenschaften von denen des guten gewöhnlichen Gussstahles ab. Er besitzt wenig Elasticität, ist

keiner brauchbaren Härtung fähig, taugt daher weder zu Federn, noch zu Schneidewerkzeugen, dagegen sind seine wohlfeile Herstellung und die ihm eigenthümliche beträchtliche Festigkeit Vorzüge, durch welche er zu Dampfkesselblechen und zu schweren Gegenständen, wie Eisenbahnschienen, Wellen, Wagenaxen, Radbandagen (Tyres), Kanonen etc. trefflich geeignet erscheint. Bei der Bereitung des Bessemerstahls hängt viel von der Qualität des dazu verwendeten Roheisens ab: das beste Product wird aus schwedischem Holzkohleneisen erhalten, in Sheffield verarbeitet man gewöhnliches Koksroheisen.

48. An den Bessemerstahl schliesst sich der Tunner'sche Glühstahl und der Gussstahl von Uchatius an. Was die Darstellung von Glühstahl (welcher durch Glühen des Roheisens mit entkohlenden Substanzen ohne Schmelzung dargestellt wird) betrifft, so ist es eine längst bekannte Thatsache, dass Roheisen durch anhaltendes Glühen mit Substanzen, welche Kohlenstoff aufzunehmen oder Sauerstoff an den Kohlenstoff des Roheisens abzugeben vermögen, unter günstigen Umständen sich in eine Art Stahl und schliesslich in geringes Schmiedeeisen verwandelt. In neuerer Zeit macht man hiervon einen ausgedehnten Gebrauch bei dem Adouciren oder Tempern gewisser Eisenartikel, welche dadurch biegsam und schmiedbar, selbst der Schweissung fähig werden (schmied- und hämmerbares Gusseisen, *fonte malléable*) [1]. Die fabrikmässige Bereitung von Glühstahl ist nach vielen gescheiterten Versuchen P. Tunner 1855 gelungen. Zu dem Ende werden aus Roheisen gegossene Schienen oder dünne Stäbe in pulverige Metalloxyde eingepackt und einige Tage lang einer andauernden Glühhitze unterworfen. Es dient dazu derselbe Ofen wie für die Bereitung des Cementstahls aus Schmiedeeisen, nur dass statt des Cementirpulvers von Kohle ein solches von Eisenoxyd (Rotheisenstein, Spatheisenstein, Eisenhammerschlag) oder Zinkoxyd, Braunstein u. s. w. angewendet wird. Wie bei der Cementstahlbereitung aus Schmiedeeisen beginnt auch bei der Glühstahlbereitung in allen Fällen die Einwirkung auf der Oberfläche, um nach und nach ins Innere fortzuschreiten, und findet somit gleichfalls eine Wanderung der Kohlenstoffatome statt, nur dass diese bei der Cementstahlbereitung eine Einwanderung, bei der Glühstahlbereitung eine Auswanderung ist. Gehört der Glühstahl auch nur zu den geringern Stahlsorten, so empfiehlt sich derselbe doch durch die geringe Kostspieligkeit seiner Herstellung.

Der Uchatiusstahl (nach dem k. k. Obristen Uchatius in Wien) wird aus Roheisen durch Schmelzen unter Zusatz von entkohlenden Substanzen (Spatheisenstein, Braunstein, kleine Mengen von Schmiedeeisen) erhalten und dient zur Darstellung von Masseguss-

---

1) Vergl. Wagner's Jahresbericht 1864 p. 62 und Percy, Iron and steel. London 1864 p. 804.

stahl, welcher nicht für Schneidewerkzeuge und andere feine Gegenstände, sondern zu schweren ungehärteten Artikeln Anwendung findet. Auf ähnliche Weise bereitet Obuchow Kanonenstahl.

Stahlerzeugung aus Schmiedeeisen.

49. c) Die Umwandelung des Schmiedeeisens in Stahl geschieht durch Glühen des Schmiedeeisens mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen bei Abschluss der atmosphärischen Luft. Das Product führt den Namen Cementstahl (Brennstahl, Blasenstahl, acier de cémentation, acier boursouflé, acier poule, *steel of cementation, blistered steel*).

Die Eigenschaft des Schmiedeeisens, durch Glühen mit kohligen Substanzen in verschlossenen Räumen hart und stahlähnlich zu werden, ist schon seit so langer Zeit bekannt, dass es kaum noch nachweisbar ist, wo und wann diese Eigenschaft zuerst im Grossen Anwendung gefunden. Jedenfalls beschränkte man sich anfangs blos darauf, kleineren Gegenständen aus Eisen dadurch Härte zu ertheilen, bis man endlich die vollständige Ueberführung des Schmiedeeisens in Stahl auf diesem Wege versuchte. Als Reaumur im Jahr 1722 sein berühmtes Werk über die Stahlbereitung schrieb, hatte die Cementstahlfabrikation schon jenen Grad der Vollkommenheit erreicht, auf welchem wir sie heute erblicken, nur dass die Constructionen der Oefen, die Zusammensetzung der Kohlenpulver etc. sich später mehr und mehr vervollkommneten.

50. Das kohlehaltige Pulver wird Cementirpulver genannt, in welchem eine stickstoffhaltige, leicht sinterbare Kohle der Hauptbestandtheil ist; ist diese Kohle zu gleicher Zeit phosphorhaltig, so erhält die Stahloberfläche besonders günstige Eigenschaften. Materialien, welche diesen Zweck erfüllen, sind: Glanzruss, Kohle von Leder, Horn, Klauen etc., Vogelexcremente, Bohrspäne von grauem Roheisen etc. Die älteren Cementirpulver bestehen aus Kohlenpulver, Asche und Kochsalz, Clouet wendete ein Gemenge von gleichen Theilen Graphit und Kalkstein an, Schafhäutl empfiehlt eine Mengung von 4 Th. Birkenkohle, 3 Th. Glanzruss und 1 Th. Lederkohle. Dasjenige Cementirpulver, welches schon von Reaumur als das beste erkannt wurde, besteht aus 2 Th. Russ, 1 Th. Kohlenpulver, 1 Th. Asche und $^1/_2$ Th. Kochsalz. Es scheint aus neueren Untersuchungen von W. Stein u. A. hervorzugehen, dass das Cyan (C_2N) als Träger des Kohlenstoffs bei der Cementstahlbildung angesehen werden muss; in der That liefert auch Thierkohle ein weit wirksameres Cementirpulver als Holzkohle, da sich aus dem Stickstoff der Thierkohle sogleich Cyan bildet, welches mit dem Eisen zu Cyaneisen zusammentritt. Letzteres wird zersetzt in Kohleeisen (in diesem Falle Stahl) und in Stickstoffgas, welches entweicht und dadurch die Blasenbildung (Blasenstahl) verursacht. Hierdurch erklärt es sich, warum Cementirpulver nach mehrmaligem Gebrauche

untauglich wird. Die Stahlbildung wird befördert, wenn die zur Bildung von Cyanalkalien nöthigen Bedingungen erfüllt werden, und darum ist es rationell, wie schon Reaumur auf empirischem Wege ermittelt hat, der Holzkohle Holzasche oder Soda oder besser noch kohlensauren Baryt beizumengen. Es sind indessen auch zahlreiche Fälle bekannt, in welchen Eisen in Stahl überzugehen im Stande ist, ohne dass die Bedingungen zur Cyanbildung geboten wären; so soll sich nach Lucas Cementstahl durch Glühen von Schmiedeeisen mit Eisenhammerschlag oder Eisenerzen, Kohle und Braunstein bilden.

Anstatt das Schmiedeeisen durch Glühen mit Kohle in Stahl zu verwandeln, ist von Colquhoun, Vismara, Macintosh u. A. vorgeschlagen worden, einen langsam bewegten Strom von Steinkohlengas über erhitztes Eisen zu leiten. Wall wendet anstatt des Kohlenwasserstoffgases Kohlenoxydgas an. Diese Cementation hat jedoch keinen allgemeinen Eingang gefunden.

51. Die Cementirkästen (caisses, *troughs*) sind 8—12 Fuss lang, 26—28 Zoll breit und 28—36 Zoll hoch und aus feuerfesten Steinen (Sandplatten) zusammengesetzt. Bei dem zu Cementstahl anzuwendenden Schmiedeeisen ist nicht allein die innere Beschaffenheit, sondern auch die äussere Gestalt zu berücksichtigen. Das harte körnige, aber dabei feste und vollkommen zähe Eisen ist dem weichen und zähen vorzuziehen. Ebenso hat das aus manganhaltigen Erzen erzeugte Schmiedeeisen den Vorzug. Beim Besetzen der Kästen wird zuerst eine etwa zwei Zoll hohe Schicht Cementirpulver gleichförmig ausgebreitet und fest zusammengedrückt. Dann werden die Eisenstäbe auf der hohen Kante neben einander hingestellt, so dass zwischen der ersten Stange und den Wänden des Kastens ein Zwischenraum von 1 Zoll und zwischen den Stäben selbst ein Zwischenraum von $^1/_4$—$^1/_2$ Zoll bleibt. Darauf kommt wieder eine $^1/_2$—$^3/_4$ Zoll starke Schicht von Cementirpulver, darauf wieder Eisenstäbe und so fährt man mit abwechselnden Schichten fort, bis der Kasten ziemlich angefüllt ist. Zuletzt bringt man auf die Kohlenlage eine Schicht unschmelzbaren, angefeuchteten Sand. Die Cementirkästen stehen auf dem Herde eines Flammenofens (Cementirofen, Stahlofen, fourneau à cémenter, *cementing-furnace*) auf Unterlagen so, dass die Flamme auch unter dem Boden durchstreichen kann. Durch eine während des Betriebes zugemauerte Oeffnung an den kurzen Seiten des Ofens kann der Arbeiter in denselben gelangen, um die Stäbe in die Kästen zu legen und sie wieder herauszunehmen. Der Ofen wird allmälig angefeuert, er darf erst binnen 24 Stunden die zum Cementiren erforderliche Temperatur erreichen, welche möglichst gleichförmig unterhalten werden muss. Die Dauer des Brandes richtet sich nach dem Brennmaterial, der Grösse des Ofens, der Stärke der Stäbe etc. Um sicher zu gehen, setzt man Probestangen (éprouvettes) in die Kästen ein, welche durch besondere

Oeffnungen gezogen werden können. Das Fortschreiten der Cementation lässt sich auf der frischen Bruchfläche deutlich wahrnehmen. Zuerst beginnt die Stahlbildung an der Oberfläche und pflanzt sich bis zum Mittelpunkte fort, der oft noch eine eisenartige Textur und eine bläuliche Eisenfarbe haben kann, wenn die äussere Schicht schon längst in Stahl übergegangen ist. Wenn von einem Eisenkerne nichts mehr wahrzunehmen ist, wird mit dem Nachfeuern eingehalten. In kleineren Oefen kann ein Brand schon in 4 Tagen beendigt sein, wogegen in grösseren Oefen 10—12 Tage erforderlich sind. In Yorkshire dauert bei einem Einsatze von 350 Centner der Process 5—9, in der Regel 7 Tage. Während der Dauer des Brandes sinkt die Cementmasse in dem Cementkasten etwas zusammen. Nach vollendetem Brennen kühlt der Ofen mehrere Tage lang ab, darauf öffnet man nach und nach die Zugänge und entleert ihn. Die Stahlstäbe sind überall mit Blasen bedeckt, welche um so grösser sind, je undichter und je weicher das Eisen war. Hartes, zähes und festes Eisen giebt weniger und kleinere Blasen. Wegen der Eigenschaft des Cementstahls, beständig Blasen zu zeigen, nennt man ihn im rohen, nicht raffinirten Zustande Blasenstahl. Früher führte er den Namen Hühnerstahl. War das angewendete Schmiedeeisen von guter Qualität und von allem Glühspan frei und völlig ausgefrischt, so beträgt die Gewichtszunahme während des Cementirens $^1/_{200}$—$^1/_{120}$ seines ursprünglichen Gewichtes. In England rechnet man 0,75 Proc. Gewichtszunahme, wenn vorzüglich gutes und zähes Eisen angewendet wurde. War dies nicht der Fall, so erleidet das Gewicht des Schmiedeeisens, indem es in Cementstahl übergeht, keine Veränderung.

Um dem Cementstahl eine möglichst gleichartige Beschaffenheit zu ertheilen, hat man, anstatt ihn auf einmal allen Kohlenstoff absorbiren zu lassen, die Operation des Cementirens in mehrere einzelne vertheilt und nach jeder Operation den Stahl wieder ausgeschmiedet. Dieser doppelt cementirte Stahl wurde unter dem Namen Spornstahl in den Handel gebracht.

52. Eine Art von Cementation ist die Einsatz- oder Oberflächenhärtung (Einsetzen, trempe en paquet), bei welcher Schmiedeeisen nur auf der Oberfläche in Stahl verwandelt wird. Man wendet sie bei schon fertigen Gegenständen aus Schmiedeeisen an, denen man dadurch grössere Härte, stärkeren Glanz oder höhere Politur ertheilen will. Zu diesem Zwecke werden die Gegenstände (Knöpfe, Nähnadeln, Kettenglieder) in Blechbüchsen mit Cementirpulver geschichtet, stark durchglüht und noch glühend im Wasser abgelöscht. Zu dem Cementirpulver nimmt man auch hier cyanbildende Substanzen (Kohle von Leder, Horn, Klauen mit Potasche, Soda, kohlensauren Baryt, Kochsalz etc.). Gelbes Blutlaugensalz (blausaures Eisenoxydul-Kali, Ferrocyankalium) wird gleichfalls zur Oberflächenhärtung bei Feilen, Raspeln etc. benutzt; indem man dasselbe im gepulverten Zustande auf das rothglühende Eisen

streut, giebt es bei seiner Zersetzung einen Theil seines Kohlenstoffs an das Eisen ab. Auch überzieht man die Gegenstände kalt mit einem Brei von Lederkohle, Glanzruss, Knochenkohle, Milch, Bierhefe oder Harn, trocknet den Ueberzug schnell und löscht sie senkrecht in kaltem Wasser ab. Eine Stahloberfläche lässt sich auch dadurch erzeugen, dass man den weissglühenden Eisengegenstand in Feilspäne von grauem Roheisen steckt und einige Zeit darin herumdreht, oder es einige Augenblicke lang in geschmolzenes Roheisen taucht und es sodann auf einen Moment unter Wasser bringt, so dass es beim Herausnehmen noch rothglühend ist. Nach Payen soll auch Borax die Eigenschaft besitzen, auf ähnliche Weise wie das Blutlaugensalz angewendet, das Schmiedeeisen oberflächlich zu härten.

Stahlerzeugung durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen.

53. d) Es lässt sich Stahl auch durch Zusammenschmelzen von Spiegeleisen und Schmiedeeisen darstellen. Die Zähigkeit, Härte und Schweissbarkeit des so erhaltenen Stahles sind von der Quantität des zugesetzten Schmiedeeisens abhängig. Es ist diese Rohstahlfabrikation auf die Schratschmiede (vergl. S. 61) zurückzuführen. Die hierher gehörigen Methoden, gegenwärtig zum grössten Theile durch die Bereitung des Bessemerstahls verdrängt, liefern zwar bei der gleichartigen Beschaffenheit der Materialien einen homogeneren Massen- und Werkzeuggussstahl als das Frischen, Puddeln und Bessemern des Roheisens, sie sind aber in Folge des Tiegelgebrauches theuer, ohne einen Stahl zu geben, der hinsichtlich seiner Qualität mit Gussstahl aus Roh- oder Cementstahl verglichen werden könnte. Der Uchatiusstahl (vergl. S. 65) gehört hierher, in gewisser Hinsicht auch der Bessemerstahl.

Stahlraffinirung.

54. Die meisten Stahlsorten (Frischstahl, Cementstahl, Glühstahl) sind in dem Zustande, wie sie aus den Stahlhütten hervorgehen, unvollkommene Producte, die stets Gemenge sind von weicheren (kohlenstoffärmeren) Theilen mit härteren (kohlenstoffreicheren). Wegen dieser Ungleichheit lassen sich beide Stahlsorten im rohen Zustande nur zu den allergröbsten Gegenständen verwenden. Für die meisten Stahlarbeiten (schneidende Werkzeuge, Ambosse, Hämmer, Prägstempel, Walzen, Federn etc.) sucht man die Ungleichförmigkeit in der Mischung zu beseitigen, dies geschieht entweder durch Gärben (Raffiniren) oder durch Umschmelzen.

Gerbstahl. Der durch Gerben (gärben, gar machen, raffiniren, corroyer, raffiner, *refining*) dargestellte Stahl heisst Gerbestahl, Bündelstahl, gegerbter oder raffinirter Stahl

(acier corroyé, acier raffiné, *refined steel, fagotted steel*), auch wol, weil er zur Verfertigung der Tuch- und Schafscheeren verwendet wird: Scheerenstahl (*shear steel*). Durch das Gerben soll der Stahl gleichartiger werden, er verliert dadurch seine zu grosse Härte auf einigen, und seine zu grosse Weichheit auf anderen Stellen; er gewinnt dadurch an Stärke und Elasticität. Je gleichartiger der Roh- oder Cementstahl ursprünglich war und je weniger ein wiederholtes Gerben nöthig ist, desto vorzüglicher ist der Stahl zu nennen, weil er desto weniger von seiner Stahlnatur verliert.

Das Gerben wird auf die Weise ausgeführt, dass man die aus der Rohstahl- oder Cementirhütte kommenden Stahlstäbe zu dünnen flachen Stäben (das Plätten oder Schienen der Stäbe) ausreckt, sie in kaltem Wasser härtet und je sechs Stäbe zu einem Bündel (Garbe, Zange, *faggot*) zusammenlegt (das Setzen der Garbe) und dieses der Weissglühhitze aussetzt. Der weissglühende Stahl wird hierauf mit Thonpulver bestreut, damit die auf der Oberfläche sich bildende Schlacke das Eisen vor Oxydation und den Kohlenstoff vor Verbrennung bewahre. Ist die Garbe weissglühend und hinlänglich weich, so wird sie unter dem Hammer zu $1^1/_2$ quadratzölligen Stangen ausgereckt. Soll der Stahl nochmals raffinirt werden, so wird die einmal gegerbte Garbe in der Mitte durchhauen, umgebogen, die beiden Theile wieder zusammengeschweisst und dann zu einer Stange ausgereckt. Dieselbe Operation wird oft drei- bis viermal, ja öfter noch wiederholt. Man giebt dem gegerbten Stahl auf einigen Hütten besondere Namen; in den meisten Gegenden jedoch benennt man ihn nach der Anzahl der Gerbungen 1, 2 und 3 mal raffinirten Stahl, und je öfter raffinirt worden, desto höher steht er im Preise. In England lässt man die Cementstahlstangen durch die Cannelirungen eines Walzwerkes gehen. Der gegerbte Stahl hat verschiedene Eigenschaften, je nachdem er unter dem Hammer oder unter dem Walzwerke behandelt worden ist: der gewalzte Stahl besitzt grosse Elasticität, verbunden mit bedeutender Widerstandsfähigkeit, wenn der Gegenstand abwechselnde Biegungen nach der Richtung seiner Dicke auszuhalten hat (wie es z. B. von Wagenfedern verlangt wird), der gehämmerte Stahl dagegen besitzt bei grösserer Gleichförmigkeit und Dichte eine grössere Widerstandsfähigkeit nach allen Richtungen. Das Gerben eignet sich besser für den Rohstahl, als für den Cementstahl. Der Abgang beim Gerben beträgt beim jedesmaligen Raffiniren 7—12 Proc.; der Verbrauch an Brennstoff beträgt auf 100 Pfund Gerbstahl $3—3^1/_2$ Kubikfuss Steinkohlen.

Gussstahl.

55. Alle bis jetzt angeführten Stahlsorten zeigen ungeachtet der sorgfältigsten Gerbung bei ihrer Verwendung zu Gegenständen, welche

hohe und gleichförmige Politur annehmen und nach dem Härten sich nicht im mindesten verziehen sollen, unüberwindliche Schwierigkeiten, besonders dann, wenn der Stahl zu Axen für Uhren und für astronomische Instrumente verwendet werden soll. Die häufig wahrgenommene Unbrauchbarkeit derartiger mit Sorgfalt gearbeiteter Gegenstände, deren Fehler in der Regel erst sichtbar werden, wenn sie fast vollendet sind, brachte den englischen Uhrmacher Benjamin Huntsmann auf den Gedanken, dem Cementstahl durch Schmelzen die erforderliche Gleichförmigkeit zu geben. Nach Besiegung manchfacher Schwierigkeiten gelangen die Versuche so gut, dass er im Jahre 1740 zu Houndsworth bei Sheffield (Yorkshire) die erste Gussstahlfabrik errichtete, die später nach Attercliffe verlegt wurde und noch gegenwärtig besteht. Stahl aus dieser Fabrik führte den Namen Huntmann's Stahl. Ein anderes Etablissement in Greenside lieferte den Marshall-Stahl. Bis in das gegenwärtige Jahrhundert hinein hatten die englischen Gussstahlfabrikanten auf der einen Seite mit der Hervorbringung der erforderlichen Temperatur, auf der anderen Seite mit dem Vorurtheil der Consumenten zu kämpfen, bis sich ergab, dass der durch Umschmelzen erhaltene Stahl gleichförmiger und besser sei, als der bisher aus Deutschland bezogene Gerbstahl. In Ostindien scheint die Gussstahlbereitung schon lange ausgeübt worden zu sein. Ausserhalb England verbreitete die Gussstahlfabrikation seit Anfang des 19. Jahrhunderts sich langsam, aber stetig und man findet gegenwärtig Gussstahlfabriken überall dort, wo Stahlbereitung überhaupt zu Hause ist; in vieler Hinsicht sind selbst die Engländer hierin von Deutschland überholt worden, man erinnere sich nur an die Gussstahlfabriken von Fr. Krupp in Essen und der Etablissements der Gesellschaft für Bergbau- und Gussstahlfabrikation (früher Mayer und Kühne) zu Bochum in Westphalen.

Es lässt sich der Gussstahl (acier fondu, *cast-steel*), wie S. 59 gesagt, auf viererlei Weise darstellen, nämlich 1) einfach durch Schmelzen von Cementstahl oder Rohstahl, 2) durch Schmelzen von Schmiedeeisen mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen, 3) durch Schmelzen des Roheisen mit entkohlenden Körpern und endlich 4) direct aus den Eisenerzen (vergl. S. 60), durch Schmelzen der Erze mit Kohle in Tiegeln, wobei der Stahl gleichfalls als Gussstahl erhalten wird. Auch das Bessemern (siehe S. 63) liefert sofort Gussstahl.

56. Zur Gussstahlfabrikation nach der ersten Methode eignen sich sowohl Rohstahl, als auch Puddelstahl, Glühstahl oder Cementstahl. Die Qualität des herzustellenden Gussstahls ist von der Beschaffenheit des anzuwendenden Roh- und Cementstahls abhängig, nur wird der Gussstahl weit gleichartiger und bei gleicher Härte weit fester und dichter sein, als er es vor dem Verschmelzen war. Ob der zu erhaltende Gussstahl schweissbar sein wird, oder nicht, hängt von dem Kohlengehalt ab; je kohlenstoffreicher er ist, desto schwieriger lässt er sich

schweissen. Für sehr harten Gussstahl bedarf es zuweilen eines geringen Zusatzes von weissem Roheisen. Das Schmelzen geschieht in Tiegeln und zwar auf ähnliche Art, wie die Verschmelzung des Roheisens beim Tiegelguss, nur ist die erforderliche Temperatur eine weit höhere. Man benützt zweierlei Arten von Oefen: nämlich entweder gewöhnliche Tiegelöfen, bei denen der Tiegel unmittelbar mit glühenden Kohlen umgeben ist, oder nach Art der Glasöfen construirte Oefen. Die Tiegel werden aus feuerfestem Thon oder aus Graphit verfertigt. Es werden darin ungefähr 40 bis 60 Pfund Stahl in 3—6 Stunden geschmolzen. Der geschmolzene Stahl füllt den Tiegel etwas weiter als zur Hälfte aus. Die Tiegel werden einfach mit einem Thondeckel verschlossen und halten in der Regel drei Schmelzungen aus. Der geschmolzene Stahl wird in eiserne Formen (lingotières, *moulds*), welche gewöhnlich vier- oder achteckig sind, und aus zwei Stücken bestehen, die auseinander genommen werden können, ausgegossen. Die Stahlbarren haben das Ansehen von vier- oder achtkantigen Stäben, welche ausgeschmiedet und weiter bearbeitet werden. Früher wurde der Fluss, mit welchem man den Stahl während des Schmelzens bedeckt, von den Stahlschmelzern geheim gehalten; es ist indessen einleuchtend, dass der Fluss so beschaffen sein muss, dass er an den Stahl weder etwas abgiebt, noch demselben Kohle entzieht. Gewöhnliches Glas, welches zur Beförderung des Flusses mit etwas Borax versetzt ist, wird daher die beste Decke sein. Da der Fluss beim Ausgiessen des Metalles in die Formen hinderlich sein kann, so lässt man ihn auch ohne Nachtheil weg, sobald die Tiegel durch die Deckel gehörig verschlossen und dadurch gegen das Hineinfallen von Kohlen gesichert sind. Der Gussstahl hat auf dem feinkörnigen Bruche eine graue Farbe ohne bläulichen Reflex, und zeigt viel kleine Höhlungen mit irisirender Oberfläche. Um den Stahl gleichartig zu machen, werden die Barren angewärmt und unter Walzen gestreckt (raffinirter Gussstahl). Solcher Stahl übertrifft den durch zweimaliges Gerben aus demselben Eisen dargestellten Cementstahl. In neuerer Zeit hat man gelernt, die Tiegel beim Gussstahlschmelzen zu entbehren und die Schmelzung von Quantitäten bis zu 60 Centner in dem muldenartig vertieften Herde eines Flammenofens unter einer Schlackendecke zu bewerkstelligen. Für den Guss sehr grosser Stahlmassen ist diese Methode begreiflich von höchster Bedeutung. So ist es Fr. Krupp in Essen gelungen, Gussstahl in enorm grossen und durchaus gleichförmigen Stücken darzustellen, wodurch dem Stahl in viele Industriezweige, in denen man sich bisher mit einem geringern Material begnügte, Eingang verschafft wird. Im Jahre 1851 wog das schwerste erzeugte Stahlstück 43 Centner, 1855 schon 105 Centner, und 1862 sogar an 500 Centner. Die Gussstahlproduction der Kruppschen Fabrik betrug 1860 80,000 Centner, 1863 250,000 Centner und 1865 über 1,000,000 Centner. In der Fabrik selbst, abgesehen

von dem unverarbeitet in den Handel gesetzten Stahl zu Werkzeugen etc., werden gezogene Kanonen, Wellen für Dampfschiffe, Eisenbahnschienen, Walzen, Achsen, Radkränze, Scheibenräder, Federn für Lokomotiven und Eisenbahnwagen etc. hergestellt. Das Stahlwerk zu Bochum in Westphalen erzeugte 1862 etwa 100,000 Centner Gussstahl und liefert neben Eisenbahnutensilien und Maschinentheilen hauptsächlich Thurmglocken [1]).

57. Wie schon erwähnt, lässt sich auch durch directes Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen Gussstahl herstellen. Ebenso kann Eisenoxydul durch Kohle reducirt und in Stahl verwandelt werden. Bréant hat in neuerer Zeit gezeigt, dass, wenn Schmiedeeisen mit 2 Proc. Russ in bedeckten Tiegeln geschmolzen wird, Gussstahl von damascirtem Ansehen sich bilde. Die Unsicherheit der Erfolge trug die Schuld, dass diese Methode nicht im Grossen ausgeführt wurde. Ein gänzlich neues Princip der Stahlbildung ist von Chenot in der neueren Zeit befolgt worden. Es werden nach demselben die Eisenerze durch Kohlenoxydgas reducirt; sind die Erze nicht der Art, dass sie ein Metall von der gewünschten Qualität und Schmelzbarkeit liefern, so wird der erhaltene Schwamm pulverisirt; im entgegengesetzten Falle benutzt man die poröse Beschaffenheit des Schwammes, um ihm die erforderliche Kohle zur Stahlbildung beizumischen. Zu diesem Behufe wird der Schwamm in eine Fettmischung getaucht, die man durch trockene Destillation zerstört. Der so erhaltene Stahl (vergl. S. 60) wird umgeschmolzen. Aehnlich ist das von Gurlt (siehe S. 60) angegebene Verfahren der Gussstahlfabrikation, hierbei geschieht das Umschmelzen in einem mit Gas geheizten Flammenofen (ohne Tiegel). Die Darstellung von Gussstahl aus Roheisen nach den Methoden von Bessemer (vergl. S. 63) und von Uchatius (vergl. S. 65) gehört gleichfalls hierher, insofern namentlich ersteres Verfahren gegenwärtig enorme Mengen von zähen Massen- oder Maschinengussstahl liefert.

58. Stahllegirungen. So vorzüglichen Stahl man auch durch einfache Verbindung des Eisens mit Kohlenstoff erhält, so kann doch selbst ein guter Stahl noch verbessert werden, dadurch dass man ihn mit kleinen Mengen gewisser anderer Metalle legirt, so z. B. mit Silber, Platin, Chrom, Silicium, Mangan etc. Der Silberstahl (*silver-steel, silver-combined steel*) enthält 0,2 Proc. Silber. Fischer in Schaffhausen nahm im Jahre 1825 ein Patent auf eine Legirung des Stahls mit dem Nickel, die er Meteorstahl nannte, weil sich im Meteoreisen immer Nickel findet. Nach einem englischen Patente wird

1) Im Jahre 1862 war in London eine Stahlglocke aus Bochum ausgestellt, deren Durchmesser ungefähr 2,75 Meter und deren Gewicht 202 Zollcentner betrug.

der Meteorstahl auf folgende Weise erhalten: 4 Th. Nickel, 1 Th. Silber und 24 Th. Zink werden unter Kohlenpulver in einem Graphittiegel geschmolzen und in kaltes Wasser ausgegossen; von dieser Legirung wird 1 Th. mit 48 Thln. Cementstahl zusammengeschmolzen und noch $^3/_4$ Th. Chromeisenstein, mit Kohlenpulver gemengt, zugesetzt; als Fluss wird ein Gemenge aus gleichen Theilen ungelöschtem Kalk und Porcellanthon angewendet. Diese Legirungen scheinen jedoch ihre Güte weniger den Beimischungen von Nickel, Silber u. s. w., als vielmehr dem bei ihrer Herstellung stattfindenden Verschmelzen zu verdanken. Ueber die Darstellung des in Ostindien seit undenklichen Zeiten fabricirten Wootz (*indian steel*, *wootz*) haben Buchanan und Heyne nähere Nachrichten ertheilt. Dieser indische Stahl wird nur in kleinen Quantitäten in einem sehr einfach gebauten Stückofen erzeugt, in welchem gegen 15 kleine Tiegel eingesetzt werden, deren jeder 20—28 Loth zerstücktes Eisen aus Magneteisenstein erblasen, enthält, denen 10 Proc. geschnittenes Holz der *Cassia auriculata* beigemengt sind; die mit Blättern der *Asclepias gigantea* bedeckten Tiegel werden mit feuchtem Thon verstrichen und in einem Ofen bei möglichst niederer Temperatur ungefähr $2^1/_2$—4 Stunden lang erhitzt. Der Wootz zeichnet sich nach dem Ablöschen durch grosse Härte aus und eignet sich zu feinen Messern. Es giebt verschiedene Methoden, den Wootz nachzuahmen, welche jedoch fast alle auf Herstellung eines aluminiumhaltigen Stahles hinauslaufen. Mit Titan und mit Wolfram legirter Stahl soll eine bedeutende Härte zeigen.

Damascirter Stahl.

59. Damascirter Stahl (Damascener Stahl, acier damassé, *damascus steel*) ist keine eigenthümliche Stahlart, sondern ein ungleichartiges Gemenge innig mit einander verschweisster Stahlstücken, welche, wenn seine Oberfläche mit verdünnten Säuren geätzt wird, hellere und dunklere Adern, die sehr schön mit einander abwechseln und verschlungene Linien bilden, zeigen. Man nennt dies den Damask oder die Damascirung (damas). Die besten Damascenerklingen wurden von jeher in Damaskus in Syrien angefertigt, doch der Stahl hierzu aus Kabul in Afghanistan bezogen. Die Zeichnungen dieser Klingen sind äusserst zart, die Linien höchst manchfach gewellt und schön verschlungen, doch nicht bestimmt begrenzt, so dass die Zeichnungen wie hingehaucht erscheinen. Gegenwärtig beziehen die Waffenschmiede zu Damaskus den Stahl aus Dekan und die Perser einen ähnlichen aus Golkonda in Vorderindien. Der damascirte Stahl ist in der That nichts als ein kohlereicher Gussstahl, in welchem durch zweckmässig geleitete Abkühlung die Absonderung verschiedenen Kohleeisens stattgefunden hat, welche Absonderung beim Aetzen mit Säuren deutlich hervortritt, indem

in den von den Säuren angegriffenen Theilen der Kohlenstoff blosgelegt wird, während die anderen, weniger angegriffenen Theile heller erscheinen. Nicht zu verwechseln mit dem damascirten Stahl ist ein im Orient gefertigter gegerbter Stahl, künstlicher Damast, gegerbter Damask (étoffe d'acier, damas corroyé), welcher jedoch nicht, wie man fälschlich glaubt, zu Säbel- und Dolchklingen, sondern bloss zur Bedeckung oder Umhüllung der eigentlichen Stahlklingen, zu Harnischen, zur Verfertigung von Flinten- und Pistolenläufen, um diese zu verzieren, und ihnen eine wellige geblümte Oberfläche zu geben, gebraucht wird. Die Darstellung des gegerbten Damastes hat in Europa zuerst Clouet zu Mezières im Jahre 1790 gelehrt. Das anzuwendende Eisen muss von bester Qualität sein, auch für schneidende Waffen, wo die Eisenschienen am besten weggelassen werden, sollen alle Stahlsorten, die man zusammenschweissen will, gut gegerbt sein; sie werden am zweckmässigsten von verschiedener Härte herab bis zum Federstahl gewählt. Um einen schönen Damast zu erzeugen, wendet Clouet einen Stab, aus mindestens 30 zusammengeschweissten Stahlschienen bestehend, an. Man legt zuerst 10—12 Schienen übereinander, so dass sie eine Garbe bilden, welche im Holzkohlenfeuer geschweisst wird. Die geschweisste Garbe wird eben gehämmert, in drei Stücke geschnitten und diese wieder zusammengeschweisst, dadurch erhält man einen aus 30 bis 36 Schienen bestehenden Stab. Clouet schweisst ferner Stäbe und Schienen auf verschiedene Weise zu Stäben zusammen, die auf ihrem Querschnitte alle möglichen Dessins geben und zur Hervorbringung der schönsten Mosaik (Clouet's Mosaik) dienen können. Nach einer andern Methode Clouet's Figuren auf den Garben hervorzubringen, werden die Figuren mittelst eines Grabstichels in die breite Oberfläche der aus parallelen Schienen bestehenden Garben eingegraben und die Schiene rothglühend unter dem Hammer ausgeschmiedet, bis sie wieder eben wird; dadurch werden die durch den Grabstichel verursachten Höhlungen ausgefüllt und statt dieser Höhlungen auf der Oberfläche Linien etc. erzeugt. Auf letzteres Verfahren Clouet's gründete der Italiener Crivelli seine sinnreiche Methode, damascirte Zeichnungen hervorzubringen. Er feilt über die Flächen einer aus parallelen Lagen bestehenden Schiene halbrunde Rinnen ein, welche so stehen müssen, dass jede Rinne der oberen Fläche einem Zwischenraum der unteren Fläche entgegengesetzt ist, so dass zuletzt ein schlangenförmiger Stab entsteht, welcher mittelst eines Flachhammers gerade und eben geschmiedet wird, wodurch alle von der Feile nicht durchschnittenen Schichten eine wellenförmige Krümmung annehmen; auf den Flächen entstehen durch das Aetzen mit Säuren elliptische, den gefeilten Rinnen entsprechende Figuren. Crivelli nennt diesen Damast Rosettendamast. Nach einem andern Verfahren bearbeitet Crivelli den rothglühenden Stahl mit einem Schmiedegesenke, in welches verschiedene Figuren einge-

graben sind und das so einen Prägstock vorstellt, bis die Figuren erhaben auf der Oberfläche erscheinen. Man feilt sie dann wieder hinweg: nach dem Aetzen erhält man dieselbe Zeichnung mit feinen Linien ausgeführt. Nach einer dritten Methode Crivelli's kommen die Fasern des Eisens rechtwinklig auf die Fasern des Stahls zu liegen, durchkreuzen sie also, und versenken sich ausserdem während des Schmiedens zum Theil in die Stahlmasse. Zu dem Ende werden die Stahlschienen, durch deren Zusammenschweissen die Garbe entstehen soll, mit Eisendraht von gleicher Dicke mit dem Stahlbleche umwickelt. Dann drückt man durch Hämmern in der Rothglühhitze den Draht zum Theil in den Stahl hinein. Von diesen mit Eisen vereinten Stahlblechen werden 18—20 von 3—8 Zoll Länge auf einander gelegt, mit Draht umwickelt, zusammengeschweisst und zu einem Stab ausgestreckt. Dieser Stab wird in 7 Theile geschnitten, die Theile werden wieder aufeinander geschweisst, wodurch man eine Stange erhält, welche jetzt aus 7 mal 20 d. i. 140 Blättern besteht.

Heutiger Zustand der Stahlindustrie.

60. Die grossen Industrieausstellungen zu London (1851 und 1862) und Paris (1855) haben die enormen Fortschritte in der Stahlfabrikation seit etwa 25 Jahren klar gemacht. Die grossen und staunenswerthen Erfolge lassen sich in folgenden zwei Punkten zusammenfassen:

1) Für einen bedeutenden Theil der jetzigen Stahlfabrikation tritt als bezeichnend das Streben nach massenhafter und wohlfeiler Production solchen Stahles auf, welcher — in Folge grösserer Festigkeit und geringerer Abnutzbarkeit — vortheilhaft als Ersatz des Schmiedeeisens und der Bronze zu grossen Objecten verwendet werden kann, keineswegs aber zu feineren Arbeiten ohne weiteres eine gleiche Brauchbarkeit besitzt. Es braucht in dieser Hinsicht nur an die Kanonen, die Eisenbahnschienen, die Thurmglocken, die Wellbäume für Dampfboote u. s. w. erinnert zu werden, welche in Menge schon aus Stahl hergestellt werden. Auf vorzügliche Güte des Stahles wird Verzicht geleistet, daher die steigende Ausdehnung der Fabrikation von Puddelstahl auf Kosten der Schmelz- und Rohstahlbereitung und in der Gussstahlfabrikation, die besonders zur Erzeugung eines Massestahls von homogener Beschaffenheit geeignet ist, die Einführung von Methoden, welche auf die directe Verwendung des Roheisens (nach den Verfahren von Bessemer und Uchatius), ja selbst auf die der Eisenerze (nach den Vorschlägen von Chenot und Gurlt) sich stützen.

2) Ein neues, äusserst schätzbares Material ist der Stahlindustrie in dem zähen Massen- oder Maschinengussstahl geworden, welcher zu verhältnissmässig niedrigen Preisen dargestellt, Anwendungen gestattet, zu dem man früher nur Schmiedeeisen nahm. In diese Kategorie ge-

hörige Stahlsorten sind der Krupp'sche Maschinengussstahl, der Bessemerstahl, so wie jene Stahlsorten, welche man durch Zusammenschmelzen von Roheisen oder Schmiedeeisen oder mit Eisenoxyd darstellt. Wie es scheint, wird der Gussstahl das Schmiedeeisen im Maschinenbau verdrängen, sich auch an die Stelle des kohlenstoffreicheren harten oder Werkzeugstahles setzen, sofern es sich um Artikel handelt, welche der künstlichen Härtung nicht bedürfen. Diese Umwälzung, welche der Stahlindustrie einen total veränderten Charakter verleiht, ist bereits in bedeutendem Grade fortgeschritten und entwickelt sich täglich mehr.

Die jährliche Stahlproduction in Europa lässt sich auf 3,485,000 Zollcentner (à 50 Kilogr.) schätzen, davon kommen auf

Grossbritannien	1,425,000
Frankreich	600,000
Belgien	80,000
Preussen	665,000
Uebriger Zollverein	35,000
Oesterreich	425,000
Schweden	130,000
Russland	100,000
Italien	15,000
Spanien	10,000
	3,485,000 Centner.

Von den 665,000 Centner Stahl, welche (1864) Preussen producirte, kommen auf

Westphalen	500,000
Rheinprovinz	150,000
Schlesien	10,000
Sachsen	5,000
	665,000 Centner

und von den 425,000 Centner der Production Oesterreichs über 200,000 Centner auf Steiermark, 50,000 Centner auf Oesterreich, 50,000 Centner auf Krain, Salzburg und Tyrol, 40,000 Centner auf Kärnten, 40,000 Centner auf Mähren und Schlesien. Der Rest vertheilt sich auf Böhmen, Ungarn, Siebenbürgen und Venetien.

Das Kupfer[1]).

61. Das Kupfer (cuivre, *copper*), im Alterthum häufig Erz genannt, wurde schon in den ältesten Zeiten häufig angewendet. Wenn man auch über den Zeitpunkt, in welchem das Eisen zuerst in Gebrauch

1) Literatur: Rivot, Métallurgie du cuivre, Paris 1859; Lamborn, Metallurgy of copper, London 1860; C. Bischoff, Das Kupfer und seine Legirungen, Berlin 1865; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, 2. Bd. (p. 292—625), Freiberg 1863; J. Percy, Metallurgy, Vol. I, London 1861 (p. 241—517); deutsche Ausgabe von Fr. Knapp, Braunschweig 1862

kam, noch in Ungewissheit sich befindet, so ist dies doch in Betreff des Kupfers nicht der Fall. Schon Moses erwähnt, dass Tubalkain im Bearbeiten des Erzes geschickt gewesen sei, dass, als er im fünften Buch von dem verheissenen Lande spricht, in den Gebirgen dieses Landes sich Kupferminen finden sollen. In der That ist auch das Kupfer allen seinen Eigenschaften zufolge dasjenige Metall, welches vorzugsweise frühe bearbeitet werden konnte, da es im gediegenen Zustande vorkommt und hämmer- und dehnbar ist. Auch waren in dem Alterthume, wie unter anderen die Pfahlbauten lehren, viele Gegenstände von Kupfer und Bronze, welche später, als die Gewinnung und Bearbeitung des Eisens Wurzel fasste, aus Eisen hergestellt wurden; so schildert Homer die Helden des trojanischen Krieges als mit ehernen Waffen ausgerüstet, und selbst für Geräthschaften zu gewerblichen und landwirthschaftlichen Zwecken scheint Kupfer oder eine Legirung desselben, und nicht Eisen das übliche Material gewesen zu sein, so geht der Eisenzeit der Ureinwohner Europa's überall die Bronzeperiode, in welcher die Waffen und Werkzeuge aus Kupfer oder Bronze gefertigt wurden, voraus.

Nächst dem Eisen ist unstreitig das Kupfer das unentbehrlichste Metall. Seine grosse Zähigkeit, Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit, verbunden mit einem Grade von Härte, dass es der Abnutzung widersteht, ohne sich schwierig bearbeiten zu lassen, seine Eigenschaft ferner, an der feuchten Atmosphäre und in Berührung mit vielen Säuren unverändert zu bleiben, sein Schmelzpunkt, der ein Schmelzen bei den gewöhnlichen Anwendungen der Technik und der Hauswirthschaft nicht befürchten lässt, ohne so hart zu sein, dass der Bearbeitung des Kupfers Schwierigkeiten in dem Weg ständen, machen das Kupfer zu einem für die Industrie unersetzlichen Metalle, das wohl kaum in dem Maasse, als es im Laufe des vorigen und des gegenwärtigen Jahrhunderts geschehen ist, durch das Eisen und neuerdings auch durch das Zink verdrängt worden wäre, wenn das Kupfer nicht zu den theueren Metallen gezählt werden müsste.

Eigenschaften des Kupfers.

62. Das Kupfer zeichnet sich durch seine bekannte rothe Farbe aus, ist stark glänzend und obgleich ziemlich hart, doch so dehnbar und geschmeidig, dass es sich zu den feinsten Drähten ziehen und zu dünnen Blättchen schlagen lässt. Es hat einen hakigen, körnigen Bruch, ein spec. Gewicht von 8,9 (ein Kubikfuss Kupfer wiegt 530 bis 553 Pfund)

(p. 246—473); C. F. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Freiberg 1863; Bd. II. (p. 140—227); C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, 2. Aufl., Berlin 1865 (p. 252—358); R. Wagner, Jahresbericht der chem. Technologie, XI Bde., Leipzig 1856—1866.

und schmilzt bei einer Temperatur von 1200° (Pouillet) oder 1400° (Daniell) (etwas leichter als Gold, etwas schwerer als Silber). Reines Kupfer fliesst in dünnen, schnell erstarrenden Strömen, das mit Oxydul verunreinigte fliesst träge, erstarrt langsamer und stets in dicken Massen. Das geschmolzene Kupfer hat eine eigenthümliche meergrüne Farbe. Zu Gusswaaren eignet sich das Kupfer nicht, indem es, vermuthlich wenn es zu heiss gegossen wird, nur poröse und blasige Güsse liefert. Beim Erkalten dehnt es sich scheinbar (es steiget) aus d. h. es scheint nach dem Erstarren einen grösseren Raum einzunehmen, als im geschmolzenen Zustande. Durch dieses Ausdehnen wird das Kupfer zur Bearbeitung unter dem Hammer und dem Walzwerk unbrauchbar, weil der Zusammenhang der Masse auf mechanische Weise, durch krystallinische Gefüge und durch Höhlungen und Zwischenräume, welche im Innern der Masse sich bilden, unterbrochen wird. Damit das Ausdehnen oder Steigen des Kupfers nicht stattfinde, ist es unerlässlich, das Metall (wie C. Stölzel vorgeschlagen) unter einer Kohlendecke zu schmelzen, oder das flüssige Metall bis zu einer gewissen Temperatur sich abkühlen zu lassen und es dann in Formen zu giessen, damit es schnell erstarre. Zink, Blei (etwa 0,1 Proc.), Kalium und andere Metalle entziehen dem Kupfer die Eigenschaft, zu steigen. A. Dick fand (1856), dass reines (galvanisch gefälltes) Kupfer, unter Kohle gechmolzen, in der Form nicht steigt, sondern vielmehr einsinkt, und nie Blasen oder Hohlräume in seiner Masse zeigt; damit das Kupfer aber diese Beschaffenheit erhalte, ist es, wie schon bemerkt, nöthig, die Luft abzuhalten, was dadurch bewerkstelligt wird, dass man die Form mit Leuchtgas füllt und das Metall so ausgiesst, dass es durch das Gas und nicht durch die Luft fällt. Auch eine gewisse Quantität beigemengtes Kupferoxydul verhindert das Steigen des Kupfers in den Formen, doch lässt sich diese Eigenschaft in der Praxis nicht anwenden, weil Kupferoxydul das Kupfer kaltbrüchig macht. Reines Kupfer zeigt vor dem Erstarren die Eigenschaft des Kupferregens oder des Spratzens, d. h. es werden, noch ehe die Erstarrung auf der Oberfläche eintritt, Kupferkügelchen (Streu- und Sprützkupfer) als ein feiner und oft sehr dichter Regen mit grosser Gewalt in die Höhe geschleudert. Bei höherer Temperatur und bei Luftzutritt verbrennt das Kupfer mit schöner grüner Flamme. An der feuchten Luft überzieht es sich nach und nach mit kohlensaurem Kupferoxydhydrat (sogenanntem Grünspan). Im Feuer bei Luftzutritt nimmt es anfangs Regenbogenfarben an, später überzieht es sich mit einer braunrothen Rinde von Kupferoxydul, welche nach und nach eine schwarze Farbe annimmt und beim Ablöschen des glühenden Metalls in Wasser, oder beim Hämmern und Biegen in Schuppen abfällt (Kupferasche, Kupferhammerschlag, cendres de cuivre, paille de cuivre, *copper-ashes, copper-scales*). In dem Zustande, in welchem das Kupfer durch den Schmelzprocess auf den Kupferhütten

(als Werkkupfer) gewöhnlich dargestellt wird, ist es mit anderen Metallen, vorzüglich mit Eisen, Antimon, Arsen, in einigen Fällen vorzugsweise mit Blei, in anderen mit Zinn, zuweilen auch mit Zink, und fast stets mit Schwefel verunreinigt. Reischauer fand in einem vollkommen dehnbaren Werkkupfer 1,48 Proc. solcher in Salpetersäure unlöslicher Stoffe (Antimon, Blei, Zinn, Eisen, Nickel). Bei einem grösseren Quantum fremder Körper besitzt es bei jeder Temperatur einen so geringen Grad von Festigkeit, dass es sich durch Hämmern und Walzwerke nicht bearbeiten lässt. Selbst zu Gusswaaren (zu Statuenguss) ist dieses unreine Kupfer nicht geeignet, theils weil ihm die Kupferfarbe abgeht, theils weil es den Einflüssen der Atmosphäre nicht widerstehen kann. Von Salpetersäure und Königswasser wird es leicht aufgelöst, ebenso von heisser concentrirter Schwefelsäure; von Salzsäure dagegen wird es nicht angegriffen, sobald die Luft vollständig abgeschlossen ist.

Kupfererze.

63. Zu den Mineralien, welche vorzugsweise als Material zur Kupfergewinnung im Grossen Anwendung finden, gehören

1) das gediegene Kupfer (cuivre natif, *native copper*), welches in grosser Menge am Lake superior in Nordamerika und in Chile vorkommt. Unter dem Namen Kupfersand (*copper sand*) und Kupferbarilla werden gegenwärtig grosse Mengen von Erz aus Chile in England eingeführt, welches aus etwa 60—80 Proc. Kupfer und 20—40 Proc. Quarz besteht. Das gediegene Kupfer vom Lake superior enthielt zuweilen bis zu 8 Proc. Silber. Das aus gediegenem Kupfer dargestellte Werkkupfer ist die reinste Kupfersorte;

2) der Kupferglanz (Kupferglaserz, cuivre sulfuré, *sulphuret of copper*), Cu_2S mit 79,7 Proc. Kupfergehalt, gehört zu den seltener vorkommenden Kupfererzen und enthält häufig kleine Beimischungen von Schwefelsilber. Er findet sich in schmelzwürdiger Menge in Cornwall, Toscana, in Chile, in Südaustralien und am Kap;

3) der Kupferkies (Gelbkupfererz, Gelberz, cuivre pyriteux, pyrite cuivreuse, *copper pyrites*, *copper ore*), Fe_2S_3, Cu_2S, enthält 34,8 Proc. Kupfer und gehört zu den sehr verbreiteten und wichtigsten Kupfererzen. Er findet sich häufig mit Schwefelkies und andern Erzen; wenn er von letztern nicht mechanisch zu trennen ist, so greifen die zur Kupfergewinnung dienenden Processe auf verschiedene Weise in andere Hüttenprocesse ein. Zuweilen enthält der Kupferkies Gold, häufig Silber. Er findet sich unter anderen zu Dillenburg, Schweden, Norwegen, Siebenbürgen und Ungarn;

4) das Buntkupfererz (cuivre panaché, *variegated copper ore*, *purple copper*), Fe_2S_3, $3\,Cu_2S$ mit 55,7 Proc. Kupfergehalt, ist nächst dem Kupferkies dasjenige Kupfererz, welches am häufigsten ver-

schmolzen wird; es kommt stets in Begleitung von Kupferkies und mit anderen Kupfererzen, auch mit Eisenkies vor;

5) die Fahlerze (cuivre gris, *grey copper ore*, *black copper ore*) (SbS_3, AsS_3), 4 (Cu_2S, AgS, FeS, ZnS, HgS) mit 14—48 Proc. Kupfergehalt. Die Fahlerze sind wichtig für die Kupfer- und Silbergewinnung. Die Natur ihrer Zusammensetzung giebt aber gewöhnlich zu complicirten Hüttenprocessen Veranlassung. In schmelzwürdiger Menge finden sich die Fahlerze in Ungarn, in Tyrol, am Harz, im Siegenschen etc.

6) das Rothkupfererz (cuivre oxidé rouge, *red copper-ore*) mit 88,8 Proc. Kupfergehalt; es führt den Namen Ziegelerz (Kupferbraun, Kupferpecherz, cuivre oxydulé ferrifère, *tile-ore*), wenn es mit Eisenocker innig gemengt vorkommt. Der Kupfergehalt des Ziegelerzes ist sehr verschieden. Das Rothkupfererz findet sich in grosser Menge in Spanien, in Peru und in Südaustralien;

7) der Malachit (cuivre carbonaté vert, *green copper-ore*), $CuO, CO_2 + CuO, HO$ mit 57,4 Proc. Kupfergehalt, kommt in grösserer Menge am Ural, in Südamerika, in Südaustralien und in den portugiesischen Besitzungen auf der westafrikanischen Küste vor;

8) die Kupferlasur (cuivre carbonaté bleu, azur de cuivre, *azure copper-ore*), $2CuO, CO_2 + CuO, HO$ mit 55,3 Proc. Kupfergehalt, findet sich zu Chessy bei Lyon, in Böhmen, in Südaustralien und in Ostindien;

9) der Kupferschiefer ist ein im Zechstein vorkommender bituminöser Mergelschiefer mit eingesprengten, zum Theil silberhaltigen Kupfererzen (Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz), welcher in einigen Gegenden Norddeutschlands (im Mansfeldschen, am Harz, in Thüringen, Hessen und Schlesien) in grosser Verbreitung auftritt. An verschiedenen Orten wird der Kupferschiefer als Kupfererz gewonnen und giebt dadurch zu einem sehr bedeutenden und ergiebigen Bergbau und Hüttenbetriebe Veranlassung;

10) der Atakamit ($3CuO, HO + CuCl$) mit 56 Proc. Kupfer findet sich besonders in Chile und anderen Ländern der Westküste von Südamerika, ferner in Südaustralien und wird in den Kupferwerken von Swansea verhüttet. Zu Pulver gemahlen kommt er von Peru aus als Streusand unter dem Namen Arsenillo in den Handel;

11) auch der bei den Bleierzen anzuführende Bournonit (mit 12,76 Proc. Kupfer) ist hier zu nennen.

Der bei weitem grösste Theil des Kupfers wird aus den kiesigen Erzen gewonnen; nur auf wenigen Hüttenwerken werden auch oxydirte (ockrige) Erze zu gute gemacht. Kommen kiesige und ockrige Erze gemeinschaftlich vor, so nimmt man in der Regel beim Verschmelzen der kiesigen Erze keine Rücksicht auf die oxydirten. In neuerer Zeit nimmt die hydrometallurgische Kupfergewinnung immer mehr und mehr überhand.

Gewinnung des Kupfers.

64. Die Gewinnung des Kupfers aus seinen Erzen erfolgt entweder auf trocknem oder auf nassem Wege. Der bei weitem grösste Theil der Erze wird jedoch im Wege des Schmelzprocesses verarbeitet, da die hydrometallurgische Kupfergewinnungsmethode nur in besonderen, durch örtliche Verhältnisse bedingten Fällen mit Vortheil angewendet werden kann.

Die hauptsächlichsten Kupferhüttenprocesse lassen sich in folgendes Schema bringen:

A. Gewinnung des Kupfers auf trocknem Wege (durch Verschmelzen)
 α) in Schachtöfen,
 β) in Flammenöfen;

B. Gewinnung des Kupfers auf nassem (hydrometallurgischem) Wege, hierbei handelt es sich
 α) um Zerlegung natürlicher Kupferlösungen (Cementwässer), oder
 β) um Darstellung künstlicher Kupferlösungen aus oxydirten oder kiesigen Kupfererzen auf chemischem Wege und Zerlegung dieser Lösungen.

A. Gewinnung des Kupfers auf trocknem Wege.

Die Aufbereitung bei den Kupfererzen wird meist auf die nasse Aufbereitung ausgedehnt. Eine Aufbereitung durch Handscheidung findet immer dann statt, wenn die Gebirgsmasse mit kiesigen und ockrigen Erzen so durchdrungen ist, dass der Erzgehalt durch die nasse Aufbereitung nicht concentrirt werden kann, ohne beim Nasspochen und beim Verwaschen des Pochmehls einen namhaften Verlust zu erleiden. Gewöhnlich werden daher die kiesigen Kupfererze der nassen Aufbereitung unterworfen. Ungeachtet der Concentration gelangt man selten dahin, die Erze so sehr anzureichern, dass durch den Schmelzprocess mehr als 8—10 Proc. Kupfer aus denselben dargestellt werden könnten. Der Vorbereitung durch das Rösten sind nur die kiesigen Erze unterworfen. Wenn die zu röstenden Erze wesentlich aus Kupferkies bestehen und mit Schwefelkies stark verunreinigt sind, so sucht man einen Theil des sich verflüchtigenden Schwefels zu gewinnen und den Kupfergehalt, der in dem Gemenge oft nur 3—4 Proc. beträgt, durch das sogenannte Kernrösten zu concentriren (wie es der Fall ist z. B. zu Mühlbach in Tyrol und zu Agordo in Venetien). Wird nämlich die Veränderung verfolgt, die ein Gemenge von Schwefelkies mit wenig Kupferkies beim Rösten erleidet, so findet man, dass der Kupfergehalt in der Mitte des Stückes sich zusammenzieht, während die äussere, von dem Kerne mechanisch mit Leichtigkeit zu sondernde Hülle aus sehr kupferarmen lockerem Eisenoxyd besteht. In gewissen Fällen beabsichtigt man durch das Rösten nicht nur die Zersetzung und Verflüchtigung

eines Theils des Schwefels der Erze, sondern auch das Verbrennen des Bitumens, womit die Erze durchdrungen sind, dies ist z. B. bei dem bituminösen Kupferschiefer der Fall. Die Zuschläge beim Verschmelzen der Kupfererze sollen nicht blos die Schmelzung erleichtern und die Beschickung leichtflüssiger machen, sondern auch die Trennung des oxydirten Eisens von dem Kupferoxyd beim Verschmelzen des gerösteten Kupfersteins befördern.

Die Kupfergewinnung aus den kiesigen Erzen geschieht entweder in Schachtöfen oder in Flammenöfen. Beide Processe unterscheiden sich nicht nur durch die Construction, Form und Handhabung der Oefen, sondern auch durch die chemische Reaction, durch welche das Kupfer aus den Erzen abgeschieden wird. Bei dem Schmelzen in Flammenöfen — bei welchem die Hüttenproducte stets von dem Brennstoffe getrennt liegen — bewirkt man die Reduction des aus dem Kupferstein durch Rösten erhaltenen Kupferoxydes nicht durch Kohle, sondern durch den Schwefel des Steines selbst ($2 CuO + Cu_2S = 4 Cu + SO_2$). Dadurch wird der Kupfergehalt immer mehr in dem Steine concentrirt, bis endlich zur Zersetzung der letzten Schwefelantheile geschritten werden kann. Diese Zersetzung wird durch das Abrösten des concentrirten Kupfersteins und das zu gleicher Zeit stattfindende Schmelzen desselben bewirkt, worauf bis zur vollständigen Abscheidung des Schwefels die Luft ungehindert zutreten kann. Dabei bildet sich stets Kupferoxydul, so dass zuletzt das gereinigte Kupfer sich im Zustande des übergaren Garkupfers befindet. Bei dem Verschmelzen der Kupfererze in den Schachtöfen — bei welchem die Erze oder die daraus gewonnenen Zwischenproducte in dem nämlichen Raume in unmittelbarer Berührung mit dem Brennstoff sich befinden — befolgt man zwar das nämliche Verfahren, den Kupfergehalt des Erzes zuerst im Kupferstein zu concentriren, die Reduction des Kupferoxydes in dem gerösteten Stein geschieht aber nicht durch den Schwefel, sondern durch die Kohle, womit die Beschickung im Schachtofen geschichtet ist. Daraus folgt der wesentliche Unterschied des Zustandes, in dem sich das Kupfer — abgesehen von der Verunreinigung mit andern Metallen — nach beendigtem Schmelzprocess befinden muss. Durch den Schachtofen erhält man nie ein übergares oder ein mit Kupferoxydul verunreinigtes, sondern stets ein kohlehaltiges, zu junges Kupfer. Es wird demnach weder durch den Schachtofen, noch durch den Flammenofen ein hammergares Kupfer erhalten werden können; die Mittel aber, dem Kupfer die Hammergare zu ertheilen, müssen bei dem in dem Flammenofen dargestellten Kupfer gänzlich verschieden sein von den bei dem durch Verschmelzung im Schachtofen erhaltenen Kupfer angewendeten.

α) Das Verschmelzen kiesiger Kupfererze in Schachtöfen.

65. Die beim Zugutemachen der Kupfererze in Schachtöfen stattfindenden Processe bestehen in der Regel darin, dass man die Erze röstet, wobei ein Theil des Schwefels, Arsens und Antimons in Gestalt von schwefliger Säure, arseniger Säure und Antimonoxyd verflüchtigt wird, ein Theil der in den Erzen enthaltenen Metalle in schwefelsaure Salze (Vitriole), arsensaure und antimonsaure übergeht, während ein Theil des Erzes sich dem Rösten entzieht. Bei dem reducirenden Schmelzen (Rohschmelzen, Erzschmelzen, fonte crue) des Röstgutes unter Zusatz von schlackebildenden Materialien wird zuvörderst das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, während die Vitriole sich wieder in Schwefelmetalle verwandeln, die mit dem metallischen Kupfer und den unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen den kupferreicheren Rohstein (Kupferstein, metal brut, matte brute de cuivre, *coarse metal*) bilden, und aus den vorhandenen antimon- und arseniksauren Metalloxyden sich durch Reduction Antimon- und Arsenmetall (Speise) erzeugt. Die übrigen Metalloxyde, namentlich das zu Oxydul reducirte Eisenoxyd, verbinden sich mit den Zuschlägen zu Schlacke. Durch Wiederholung des Röst- und reducirenden Schmelzprocesses (Concentrationsschmelzen, Spurschmelzen, Mittelsteinschmelzen, Doubliren) erhält man zuletzt neben einer geringen Quantität Stein (Dünnstein, Lech oder Oberlech, matte mince) metallisches Kupfer (Rohkupfer, Schwarzkupfer, cuivre brut, cuivre noir, *coarse copper*), mit fremden Metallen und mit Schwefel verunreinigt, von welchen es durch ein oxydirendes Schmelzen (Rohgarmachen) befreit wird, indem die fremden Metalle als Oxyde theils verflüchtigt werden, theils in die Schlacke (Garschlacke, scorie de raffinage) gehen. Das Garkupfer (Rosettenkupfer, Scheibenkupfer, cuivre rosette, *rose copper*) enthält, weil bei dem Rohgarmachen der Röstprocess gewöhnlich zu weit getrieben wird, Kupferoxydul, wodurch seine Dehnbarkeit vermindert wird. Durch ein schnelles reducirendes Schmelzen, durch Umschmelzen zwischen Kohlen auf einem Herde wird das Kupferoxydul reducirt und es bildet sich geschmeidiges (hammergares) Kupfer. Durch das Raffiniren des Kupfers in Flammenöfen wird zweckmässig das Roh- und Hammergarmachen zu einem Process vereinigt.

66. Das Rösten der Kupfererze wird in Haufen oder Stadeln vorgenommen. Das Verfahren hierbei ist auf den verschiedenen Hüttenwerken ein verschiedenes, indem theils die Natur der Erze, die des Brennmaterials, theils andere örtliche Umstände in Betracht gezogen werden müssen. Die Aufmerksamkeit der die Röstung beaufsichtigenden Arbeiter ist mehr darauf gerichtet, einer zu starken Röstung vorzubeugen, als eine zu schwache zu verhüten, indem sonst leicht zu viel

Schwefel entfernt wird und nicht genug davon zur Bildung des Kupfersteins zurückbleibt.

Das Rohschmelzen oder Erzschmelzen (Suluschmelzen) des Röstgutes zu Rohstein (Kupferstein) geschieht in Schachtöfen von 8 bis 16 Fuss Höhe, theils mit Holzkohlen, theils mit Koks. Fig. 12 zeigt den vertikalen Durchschnitt des Schachtofens, Fig. 13 dessen vordere Ansicht, mit Beseitigung der vorderen Mauer, um den inneren Schmelzbau sichtbar zu machen. Fig. 14 zeigt endlich den untern Theil dieses Ofens. *t t* sind die Oeffnungen für die Düsen des Gebläses; durch die über dem Sohlenstein befindlichen beiden Oeffnungen *o o* (Augen) und zwei kurze Kanäle (Spuren) rinnt der flüssige Inhalt des Ofens in die beiden schalenförmigen Vertiefungen *C′ C′* (Spurtiegel). Da das geröstete Kupfererz (Kupferkies, Buntkupfererz etc.) stets grössere oder geringere Mengen von Eisenoxyd enthält, so würde durch eine einfach reducirende Schmelzung leicht Eisen reducirt werden. Um dies zu vermeiden, setzt man schlackebildende Substanzen hinzu (Quarz oder kieselsäurereiche Zuschläge). Das in dem Ofen zu Oxydul reducirte Eisenoxyd tritt mit der Kieselerde zu einer leichtflüssigen Schlacke (am zweckmässigsten von der Zusammensetzung $3\,RO,\ 2\,SiO_3$) zusammen. Das beim Rösten entstandene Kupferoxyd und Kupferoxydul wird durch das in dem Röstgut enthaltene Schwefeleisen zu metallischem Kupfer reducirt ($3\,CuO + FeS = SO_2 + FeO + Cu$). Während der Verschlackung scheiden sich die Schwefelmetalle ab und sammeln sich im untern Theile des Ofens als Kupferstein (Rohstein), ein Gemenge von Schwefelkupfer, Schwefeleisen und anderen Schwefelmetallen (häufig Schwefelsilber) mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa 32 Proc. Zuweilen scheidet sich auch je nach der Natur der verhütteten Kupfererze Speise (Kupferspeise, Königskupfer, Arsenkönig) ab. Unter dem Kupferstein befindet sich öfters eine metallähnliche, scheinbar aus Eisen

Fig. 12.

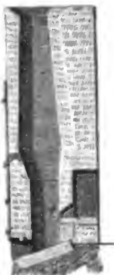
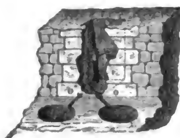


Fig. 13.



Fig. 14.



bestehende Masse (Eisensau, Eisenkloss, Wolf), die (nach Heine) oft aus Molybdänverbindungen besteht. Die zugleich gebildete Schlacke führt den Namen Rohschlacke (Schwielschlacke).

67. Das Rösten des Kupfersteins wird in Haufen oder Stadeln ausgeführt und hat dessen möglichst vollständige Oxydation unter Beseitigung des vorhandenen Schwefels zum Zweck. Dies ist oft erst durch 5—8 maliges Rösten zu erreichen, wodurch die Schwefelmetalle des Kupfersteins nach und nach fast vollständig in schwefelsaure Salze übergeführt werden. Auf einigen Kupferhütten, wie z. B. im Mansfeldischen, wird der geröstete Kupferstein zum Zweck der Gewinnung von Silber (durch die Ziervogel'sche Wasserlaugerei) und von Kupfervitriolgewinnung ausgelaugt. Zuweilen, wenn es sich um das Zugutemachen solcher Kupfererze, welche Fahlerz, Bleiglanz, Arsenkies, Zinkblende u. s. w. in grösserer Menge mit sich führen, handelt, röstet man den Kupferstein nicht vollständig ab. Der erfolgte Spurrost wird in einem Schachtofen mit einem Zuschlag von Schlacke verschmolzen, welcher Process das Spuren oder die Concentrationsarbeit genannt wird. Der fallende Stein heisst der Spurstein oder Concentrationsstein (Doppellech, metal fin, metal bleu, matte concentrée, *fine metal*, *blue metal*), der etwa 50 Proc. Kupfer enthält, vollständig abgeröstet und zu Schwarzkupfer verschmolzen wird. Sind die Roh- und Spursteine silberhaltig, so werden sie vor weiterer Behandlung entsilbert, was früher durch die Amalgamation, gegenwärtig, wie oben bemerkt, nach dem Ziervogel'schen Verfahren (siehe Silber) geschieht, wenn man nicht vorzieht, erst das metallische Kupfer durch den Saigerprocess mittelst Blei vom Silber zu trennen. Durch die Zwischenarbeit des Spurens wird ein grösserer Theil der fremden Beimengungen verschlackt und folglich ein reineres Schwarzkupfer erhalten, obgleich die Ansichten der Hüttenleute über den Nutzen dieses Zwischenprocesses getheilt sind.

Man umgeht deshalb bei reinen Kupfererzen das Spuren und verschmilzt den vollständig abgerösteten Kupferstein zu Schwarzkupfer (Rohkupfer, Gelbkupfer) durch die Schwarzkupferarbeit (Schwarzmachen, Rohkupferschmelzen). Dies geschieht in Schachtöfen von geringerer Höhe (Krummöfen) als die beim Schmelzen der gerösteten Kupfererze angewendeten. Der Schwefelgehalt des Steines ist durch das Rösten so weit verringert worden, dass er das nun reducirte Kupfer nicht mehr aufzunehmen vermag. Es scheidet sich deshalb neben einer geringen Menge Stein (Dünnstein, Oberlech, Armstein, matte mince) als Schwarzkupfer ab, welches letztere 92 bis 95 Proc. Kupfer, ausserdem Eisen, Schwefel, Blei, Arsen, Antimon, zuweilen auch Silber (0,04—0,2 Proc.) etc. enthält.

68. Das Schwarzkupfer oder Rohkupfer ist ein rothbrüchiges, für sich noch unbrauchbares Halbproduct, welches nun durch ein kräftiges

oxydirendes Schmelzen von den Verunreinigungen befreit wird, wobei sich die Verunreinigungen früher verschlacken als das Kupfer. Dieser Process heisst das Garmachen des Schwarzkupfers (raffinage, *refining, toughening*). Wie wichtig es ist, dem Kupfer durch das Garmachen die nöthige Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit zu geben, zeigen die von Karsten angestellten Versuche, nach welchen höchst geringe Mengen fremder Metalle die Qualität des Kupfers verschlechtern können: so macht ein Zinkgehalt von 0,6 und ein Zinn- und Wismuthgehalt von 0,25 Proc. das Kupfer in hohem Grade rothbrüchig, ebenso ein Gehalt von 0,15 Proc. Antimon und Arsenik. 1 Proc. Blei macht das Kupfer zur Bearbeitung völlig unbrauchbar, ebenso ein Kohlegehalt von 0,05 Proc. Eine Ausnahme scheint das Silber zu machen, welches, wenigstens in dem Verhältniss von 99,2 Kupfer zu 0,8 Silber, der Festigkeit des Kupfers bei keiner Temperatur nachtheilig ist.

Der Process des Garmachens wird ausgeführt

1) im kleinen Garherde (Herdgarmachen);
2) im grossen Garherde oder Spleissofen;
3) im Zugflammenofen oder Raffinirofen.

Das Herdgarmachen wird auf dem Garherde (Rosettirherde) vorgenommen, dessen vertikalen Durchschnitt Fig. 15, dessen perspectivische Ansicht Fig. 16 zeigt. Dieser Herd besteht aus einem massiven Gemäuer, auf dessen oberer Fläche eine halbkugelförmige Vertiefung *a*,

Fig. 15.

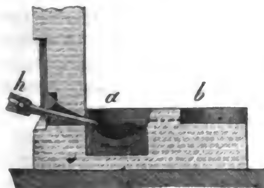
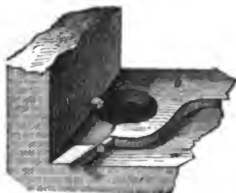


Fig. 16.

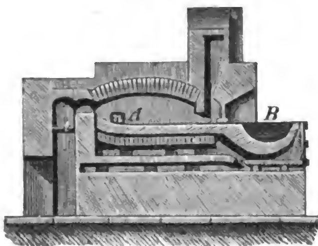


die Herdgrube angebracht ist, welche man in die aus schwerem Gestübbe (3 Th. Thon und 1 Th. Kohlenlösche) bestehende Herdmasse eingestampft hat. *b* ist eine gusseiserne Deckplatte des Herdes. Zwei Düsen, von denen die eine bei *h* sichtbar ist, treiben Wind in das Feuer und auf die Oberfläche des Kupfers. Man schmilzt nun 3—5 Ctr. Schwarzkupfer unter öfterem Nachgeben von Kohlen (meist Holzkohlen) unter Mitwirkung des Gebläses nieder. Schwefel, Arsenik und Antimon verflüchtigen sich in Gestalt von schwefliger Säure, arseniger Säure und Antimonoxyd. Eisenoxyd und die übrigen nicht flüchtigen Oxyde scheiden sich mit dem Kupferoxydul auf der Oberfläche des Kupfers als

Garschlacke (Garkrätz, Verblasenschlacke, scorie de raffinage) ab, die von Zeit zu Zeit abgezogen wird. Eisen und Schwefel lassen sich am vollständigsten aus dem Kupfer entfernen, Zink, Blei, Arsenik und Antimon nur theilweise, Zinn und Silber nicht. Der Arbeiter hat genau den Zeitpunkt zu erfassen, in welchem das Kupfer die erreichbare Gare erlangt hat. Als Erkennungsmittel dient hierbei die Garprobe, indem der Arbeiter mit einer Eisenstange (Gareisen) in das flüssige Kupfer taucht und dessen Gare nach der Beschaffenheit, besonders der Biegsamkeit des Garspans — des beim Herausziehen der Eisenstange daran haftenden, erstarrten Kupfers — zu beurtheilen sucht. Nach dem Garwerden des Kupfers wird das Gebläse abgehangen, die Oberfläche des Kupfers von Kohlen und Schlacken befreit und dieselbe unter Aufstreuen von Kohlenklein so weit abgekühlt, dass das Kupfer, ohne eine Explosion befürchten zu müssen, mit Wasser oberflächlich zur Abkühlung gebracht werden kann. Es bildet sich eine dünne Scheibe (Rosette, rondelle, rosette, *cake*), welche abgehoben und alsbald in kaltem Wasser abgelöscht wird, um die Oxydation des Kupfers zu verhüten. So fährt man fort, Wasser aufzusprengen und Scheiben abzuheben, bis der Herd bis auf einen Rest, König genannt, entleert ist. Man nennt diese Arbeit das Scheibenreissen, Spleissen, Rosettiren. Das so erhaltene Kupfer ist das Rosettenkupfer, Garkupfer, Scheibenkupfer (cuivre rosette, *rose-copper*).

69. Das Garmachen im grossen Garherde oder Spleissofen (Gebläseflammenofen) ist in Folge der Unvollkommenheit des Herdgarmachens eingeführt worden. Der Spleissofen ist dem Silbertreibherd ähnlich. Fig. 17 zeigt ihn im vertikalen Durchschnitte. *A* ist der Schmelzherd, *B* der Spleissherd (es sind zwei solche Herde vorhanden), *n* die Form des Gebläses, *l* der Rost für das Brennmaterial; die Herdmasse besteht entweder aus schwerem Gestübbe oder aus einem Gemenge von Thon und Sand. Je nach der Grösse des Spleissofens werden 30—60 Ctr. Schwarzkupfer auf einmal in denselben eingetragen und gar gemacht. Das Verfahren ist dem Herdgarmachen ähnlich. Wenn das Kupfer die Gare erreicht hat, wird es in die Spleissherde abgelassen und in diesen in Rosettenkupfer verwandelt. Da bei diesem Garmachen das Brennmaterial vom Schmelzgute getrennt ist, so findet eine vollständigere Reinigung des Kupfers statt, als im kleinen Herde.

Fig. 17.



Die Anwendung der Spleissöfen nähert sich dem englischen (gegenwärtig auch in Freiberg und im Mansfeldischen eingeführten) Verfahren des Garmachens im Zugflammenofen, dem sie insofern indess nachsteht, als man in dem Zugflammenofen beliebig reduciren und oxydiren und deshalb selbst aus unreinem Schwarzkupfer sofort hammergares Kupfer darstellen kann.

70. Bei Verarbeitung silberhaltiger Kupfererze wird das Schwarzkupfer, um daraus Silber abzuscheiden, vor dem Garmachen der Operation des Saigerns unterworfen, wenn man zur Entsilberung nicht die Ziervogel'sche Wasserlaugerei (siehe Silber) vorzieht. Der Saigerprocess [1]) beruht darauf, dass Kupfer und Blei sich zusammenschmelzen lassen, dass aber beim Erkalten beide Metalle nicht verbunden bleiben, sondern eine Legirung von vielem Kupfer mit wenig Blei sich bildet, und das übrige Blei sich ausscheidet. Die Absonderung geschieht zum grössten Theile nach dem specifischen Gewichte, die unterste Schicht bildet silberhaltiges Blei. Lässt man die flüssige Masse langsam erkalten, so scheidet sich das Blei aus, bei schnellem Erkalten erhält man dagegen ein inniges Gemenge beider Metalle; das Blei entzieht dem Kupfer das Silber.

Man schmilzt 3 Theile unvollständig gargemachtes (silberhaltiges) Schwarzkupfer mit 10—12 Theilen Blei zusammen, giesst die geschmolzene Masse in Scheiben und lässt diese langsam erkalten, wodurch die Legirung in silberhaltiges Blei und bleihaltiges Kupfer sich scheidet. Die Scheiben (Saigerstücke) werden sodann so stark erhitzt, dass das silberhaltige Blei von dem bleihaltigen Kupfer abfliesst (absaigert). Fig. 18 und 19 zeigen die Einrichtung des Saigerherdes. Die Saigerstücke *A* (Fig. 18) stellt man aufrecht auf zwei gegen einander und etwas nach vorn geneigte eiserne Platten (Saigerbleche), deren Kanten etwas von einander abstehen, so dass eine Spalte entsteht. Zwischen die Scheiben werden glühende Kohlen gebracht. Das silberhaltige Blei fliesst durch die Spalte in die

Fig. 18.



1) Vergl. F. Reich's Arbeit über das Verhalten des Kupfers zum Blei in Wagner's Jahresbericht 1860 p. 158

Fig. 19.



Saigergasse *C*, deren Boden aus einer nach vorn hin schwach geneigten eisernen Platte besteht; das silberhaltige Blei sammelt sich in dem Tiegel *b*; aus diesem wird es in die Form *e* gegossen, worin es zu Massen erstarrt, welche dann wie silberhaltiges Blei abgetrieben werden. Die rückständigen Scheiben (Kienstöcke), aus etwa 3 Th. Kupfer und 1 Th. Blei bestehend, werden dem Darrprocess, einer Fortsetzung des Saigerns, unterworfen, welcher darin besteht, dass man die Scheiben durch Flammenfeuer bei Luftzutritt durchglüht, so dass das darin enthaltene (noch silberhaltige) Blei aussaigere, sich oxydire und als leichtflüssiges Gemisch von Metalloxyden (Dörner oder Darrrost) in die Darrgasse des Darrofens gelange, während das gereinigte Kupfer aus dem gedarrten Kienstock als Darrling ungeschmolzen zurückbleibt und auf die oben angegebene Weise gar gemacht wird. Die Darrlinge enthalten noch 9—15 Proc. Blei. Wegen des grossen Bleiverlustes, welcher mit dem Saigerprocess verknüpft ist, ferner wegen des Umstandes, dass in dem Saigerkupfer oft ein Rückhalt von Blei bis zu 2 Proc. bleibt, und des grossen Aufwandes von Brennmaterial und Zeit wird gegenwärtig zur Entsilberung des silberhaltigen Schwarzkupfers das Amalgamationsverfahren oder besser noch die hydrometallurgische Entsilberungsmethode angewendet.

71. Hammergarmachen des Kupfers. Wie schon erwähnt, ist das auf dem kleinen und grossen Herde dargestellte Kupfer meist kupferoxydulhaltig. Bei einem Oxydulgehalt von 1,1 Proc. ist aber das Kupfer so wenig dehnbar und geschmeidig, dass es sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr bearbeiten lässt, ohne schiefrig zu werden und Kantenrisse zu bekommen. Bei einem Kupferoxydulgehalte von $1^1/_2$ Proc. wird die Verminderung der Festigkeit auch schon in erhöhter Temperatur bemerklich und das Kupfer wird kalt- und rothbrüchig. Dies ist der Zustand des Kupfers, welchen man in Deutschland mit dem Namen des übergaren bezeichnet. Dieses mit Kupferoxydul verunreinigte Kupfer kann nur durch Reduction des Oxyduls seine vorige Festigkeit wieder erhalten. Der dies bezweckende Process wird das Hammergarmachen und das dabei erhaltene Kupfer hammergares Kupfer genannt.

Diese Operation wird im kleinen Herde ausgeführt, wie bei dem Rohgarmachen. Während aber bei letzterem die Form des Gebläses dicht über dem Kupferspiegel liegt und dadurch eine kräftig oxydirende Wirkung auf das Metall ausgeübt wird, giebt man beim Hammergarmachen der Gebläseform weniger Neigung und legt diese einige Zoll

über den Kupferspiegel, so dass die Gebläseluft nur durch die Kohlen über das Kupfer streichen und demselben reducirende Gase (Kohlenoxyd) zuführen kann. Ist dieser Process auch minder schwierig, als der des Herdgarmachens, so erfordert er dennoch ebenfalls geübte und aufmerksame Arbeiter, denn wird die Reduction des Kupferoxyduls zu weit fortgesetzt, so ist nicht allein alles Oxydul vollständig reducirt, sondern das Kupfer hat auch einen kleinen Theil Kohle aufgenommen, wodurch sich die Festigkeit des Kupfers verringert und mitunter sogar zur Bearbeitung unter dem Hammer und Walzwerk ganz unbrauchbar wird. Dieser Zustand des Kupfers wird in England mit dem Namen des übergaren (*gone to far*) bezeichnet, weil er bei Anwendung der Flammenöfen erst dann eintritt, sobald das Kupfer vorher das Maximum seiner Festigkeit erreicht hatte. In Deutschland dagegen, wo man allgemein dem Kupfer die Hammergare durch Niederschmelzen mit Kohle vor dem Gebläse giebt, tritt dieser Zustand eher ein, als der Zustand des Maximums der Festigkeit. Man nennt daher solches Kupfer noch nicht hammergares oder junges Kupfer.

β) Das Verschmelzen kiesiger Kupfererze in Flammenöfen[1]).

(Englisches Verfahren.)

72. Der grosse Reichthum Grossbritanniens an dem für den Flammenofenprocess sich am besten eignenden Brennstoff, der Steinkohle, führte wol zuerst auf die Idee, anstatt des Zugutemachens der Kupfererze in Schachtöfen die Gewinnung des Kupfers in Flammenöfen einzuführen. Mit dieser, in Bezug auf Grossbritannien vortheilhaften wirthschaftlichen Seite vereinigt die Anwendung der Flammenöfen zugleich vielfache Vortheile von allgemeiner Wichtigkeit, namentlich ist das nach dem englischen Verfahren gewonnene Kupfer weit vorzüglicher als das der übrigen Kupferwerke, wenn es auch dem aus russischen und australischen Erzen gewonnenen an Güte nachsteht. Die bedeutendsten englischen Kupferwerke sind zu Swansea[2]); sie erhalten ihre Erze aus den Kupferminen in Cornwall, Nord-Wales, Westmoreland, den angren-

1) Literatur: Leplay, Des procédés métallurgiques dans le pays des Galles pour la fabrication du cuivre, Annal. des mines (4) XIII p. 3, 389 und 557; und J. Percy, Die Metallurgie, Bd. I, p. 379; Gurlt, Fortschritte des Kupferhüttenprocesses in England, Berg- und hüttenm. Zeit. 1852 p. 265; Rivot, Métallurgie du cuivre, Paris 1859 p. 117 und 194; J. A. Phillips, A manual of metallurgy, 1852 p. 350.

2) Im Jahre 1847 wurden von den damals bestehenden sieben Schmelzwerken zu Swansea 201,958 Tonnen Kupfererze, unter denen nahe an 40,000 Tonnen amerikanische und australische waren, mit einem Kupfergehalte von 20,823 Tonnen (400,000 Centner) für 1,506,808 Pfd. Sterl. angekauft. Der Ankauf fremder Erze hat seitdem sehr zugenommen.

zenden Theilen von Lancashire und Cumberland, aus Schottland und Irland u. s. w., doch werden auch grosse Mengen von eingeführten (ockrigen) Erzen (aus Chili, Peru, Neuseeland, Toscana, Australien, Cuba und Norwegen) verschmolzen. Ausserdem befinden sich noch Kupferwerke auf der Insel Anglesea, in Staffordshire und bei Liverpool. Die englischen Kupfererze bestehen meist aus Kupferkies mit beigemengtem Schwefelkies, nicht selten auch etwas Zinnkies und Arsenikkies, und Gangart. Ausser den Erzen verarbeitet man Kupferstein aus Chile, Abgänge vom Walzen und Hämmern, und alte Schlacken. Der Flammenofenprocess ist die herrschende Kupferverhüttungsmethode im westlichen Europa, mit dem zunehmenden Gebrauche der Steinkohle hat dieser Process sich aber auch nach Osten ausgedehnt.

Die hauptsächlichsten Processe des englischen Kupfergewinnungsverfahrens bestehen in folgenden Operationen:

1) Rösten des kiesigen Kupfererzes (*calcination of the ores*);

2) Verschmelzen der gerösteten Erze zu Rohstein (*melting for coarse metal*);

3) Rösten des Rohsteines (*calcination of coarse metal*);

4) Darstellen des weissen Concentrationssteines (*melting for white metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit reichen Erzen;

5) Darstellen des blauen Concentrationssteines (*melting for blue metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit gerösteten Erzen von mittlerem Kupfergehalt;

6) Darstellen eines rothen und weisen Steines durch Verschmelzen der bei der vorhergehenden Operation 5, ferner bei 7 und 8 gewonnenen Schlacken (*remelting of shlags*);

7) Röstschmelzen des blauen Steines Nr. 5 und Darstellung des weissen Extrasteines (*roasting of white metal*);

8) Röstschmelzen des weissen Extrasteines und Darstellung des Concentrations- oder Metallsteines (*roasting for regule*);

9) Röstschmelzen des gewöhnlichen weissen Steines und der kupferhaltigen Böden zum Zweck der Darstellung von Rohkupfer (*blistered copper*, Blasenkupfer);

10) Raffiniren des Rohkupfers und die Darstellung von hammergarem Kupfer (*refining and toughening*).

Seit längerer Zeit hat man sich bemüht, das complicirte englische Verfahren abzukürzen und zahlreiche Vorschläge in dieser Hinsicht gemacht. Dieselben bezwecken theils eine Verbesserung der Röstprocesse, theils ein reineres Ausbringen bei den Schmelzarbeiten durch Anwendung verschiedenartiger Flussmittel und Zuschläge. Nach Gurlt's Ansicht lassen sich alle Operationen des Zugutemachens der Kupfererze in Flammenöfen auf höchstens zwei Richtungen und drei Schmelzungen zurückführen, nämlich auf

1) das Rösten der gepulverten Erze unter Zusatz von Kochsalz oder Chlorcalcium, um flüchtige Chloride zu bilden;

2) das Verschmelzen der gerösteten Erze bei Erzeugung einer mehr saigeren Schlacke auf Rohstein;

3) das Röstschmelzen des Rohsteines mit erhitzter Gebläseluft auf Schwarzkupfer mit oder ohne Zuschlag von chlorhaltigen Substanzen;

4) das Raffiniren des Schwarzkupfers.

73. 1) Das Rösten der kiesigen Kupfererze ist, so weit es die Stuferze betrifft, im Allgemeinen von dem auf dem Continent gebräuchlichen Verfahren nicht verschieden. Dagegen werden die durch nasse Aufbereitung aus ärmeren Erzen gewonnene Schliche, so wie die durch Walzwerke zerkleinerten Stuferze in Flammenöfen, Röstöfen (*calcining furnaces, ore calciner*) geröstet. Der Herd dieser Oefen ist elliptisch mit einem Durchmesser von etwa 18 Fuss und 15 Fuss. In einem solchen Ofen wird eine Röstpost = 3—$3^1/_2$ Tonnen = 60—70 Ctr. durch zwei im Ofengewölbe befindliche Oeffnungen mittelst darüber angebrachtem eisernen Trichter auf den Herd geschüttet und mittelst eiserner Harken auf der Herdsohle gleichmässig ausgebreitet. Das Feuer, aus einem Gemenge von pulverigen Anthraciten und Steinkohlen erzeugt, wird nach und nach verstärkt, bis die Temperatur gegen das Ende der Operation so hoch gestiegen ist, dass das Erz eben nicht zusammensintert. Meist ist nach Verlauf von 12 Stunden die Operation vollendet. Darauf wird das Erz durch Oeffnungen in der Herdsohle in den Raum unter dem Gewölbe gestürzt und nach hinlänglichem Abkühlen daraus entfernt. Das Erz erleidet während des Röstens keinen wesentlichen Gewichtsverlust, indem die Aufnahme an Sauerstoff so ziemlich den Verlust an Schwefel, Antimon, Arsenik etc. compensirt. Das Product des Röstens ist ein schwarzes Pulver, dessen Farbe vom Kupfer- und Eisenoxyd herrührt.

Während des Röstens entwickeln sich reichlich weisse Nebel, welche über den Hüttengebäuden als weisse Rauchwolken (Kupferrauch, *copper smoke*) erscheinen; diese Dämpfe, ausser den gewöhnlichen Verbrennungsproducten schweflige Säure, Schwefelsäure, arsenige Säure, unverbrannten Arsenik, Fluorverbindungen und durch den Luftstrom mit fortgerissene feste Körper enthaltend, verbreiten sich weit in der Atmosphäre, senken sich mit der atmosphärischen Feuchtigkeit verdichtet nieder, tödten die Pflanzenwelt der Umgebung und fallen Menschen und Thieren beschwerlich. Leplay berechnet den Werth des jährlich durch das Erzrösten in den Hütten von Süd-Wales ausgetriebenen Schwefels zu 200,000 Pfd. Sterl. (= 1,3 Mill. Thaler)[1]). In der neueren Zeit hat man durch Absorption oder Verdichtung der verschie-

1) Die Hütten von Süd-Wales führen der Atmosphäre jährlich 92,000 Tonnen schwefliger Säure zu, entsprechend 1,400,000 Ctr. engl. Schwefelsäure!

denartigen Körper durch kaltes Wasser dem erwähnten Uebelstande zu begegnen gesucht. Longmaid schlägt vor, die Kupfererze mit Kochsalz zu rösten, wo sich ausser Glaubersalz gasförmiges Chlor entwickelt, das zur Chlorkalkverbindung dient. Sussex sucht den Schwefel theils durch Kohlezusatz als Schwefelkohlenstoff, theils durch Zuschlag von Alkalisalzen zu entfernen. In neuerer Zeit hat man sich endlich bemüht, die beim Erzrösten sich entwickelnde schweflige Säure zur Fabrikation von Schwefelsäure zu verwenden.

74. 2) Das Verschmelzen der gerösteten Erze zu Roh- oder Kupferstein geschieht in den Schmelzöfen (*melting furnaces*), welche beträchtlich kleiner sind als die Röstöfen, und weniger Thüröffnungen und keinen ebenen, sondern einen muldenförmig vertieften Herd zur Ansammlung des flüssigen Rohsteins haben. Die Figuren 20 und 21 stellen einen solchen Schmelzofen, wie er zu Swansea gebräuchlich ist, und zwar Fig. 20 den horizontalen Grundriss und Fig. 21 eine Seitenansicht dar. Der Herd *A* verengert sich gegen seine Mündung hin, so dass er eine Art von Mulde bildet, *R* bedeutet die Roststangen, *D D* die Arbeitsthüren und *C* die Feuerthür, *E* die Abzugsthür, *H* den Füllungstrichter, *F F F* Sandmulden für die Schlacke. *G* ist eine mit kaltem Wasser gefüllte Grube, welche durch die Rinne *a* gespeist wird, *K* bedeutet den Schornstein.

Fig. 20.

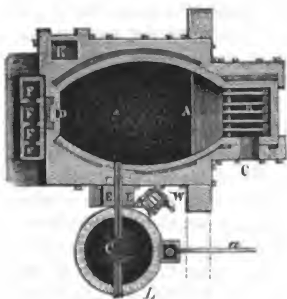
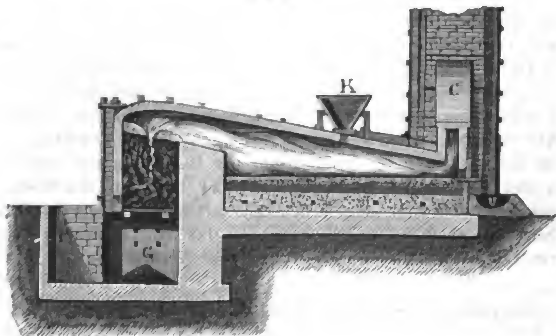


Fig. 21.



Beim Schmelzen des gerösteten Erzes werden Schlacken vom Schmelzen des gerösteten Rohsteines, ferner ungeröstete Erze von geringerem Kupfergehalt und Flussspath hinzugeschlagen, das Erz unter fleissigem und starkem Schüren in Fluss gebracht, die Schlacken abgezogen, darauf eine zweite Portion geröstetes Erz aufgegeben, eingeschmolzen, und so fort, bis der muldenförmig vertiefte Herd mit Kupferstein (Bronzestein) gefüllt ist, was in der Regel nach dem dritten Eintragen der Fall ist. Darauf lässt man den Kupferstein in den Wasserbehälter fliessen, worin er während des Niederfallens in Gestalt von Körnern erstarrt (granuliren). Der gekörnte Kupferstein enthält durchschnittlich 33 Proc. Kupfer und besteht wesentlich aus Kupfer, Eisen und Schwefel (42,2 Proc. Kupfersulfuret und 52,8 Proc. Eisensulfuret von der approximativen Formel Cu_2S, $2FeS$). Binnen 24 Stunden verarbeitet man gewöhnlich fünf Schmelzposten à 20—30 Ctr. Der Verlust an Kupfer, welches in den Rohschlacken bleibt, beträgt etwa $5\frac{1}{2}$ Proc. des Gesammtgehaltes an Kupfer in der Beschickung.

Die Operation des Kupfersteinschmelzens durch den Flammenofenprocess bezweckt das Kupfer von der Gangart und einem Theil der in dem gerösteten Erze enthaltenen fremden Metalloxyde durch ein reducirendes und auflösendes Schmelzen abzuscheiden. Der Schwefel ist hierbei von Wichtigkeit, indem die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle beim Schmelzen die Oxyde und schwefelsauren Salze zerlegen. Es verwandeln sich zunächst Eisenoxyd und Schwefeleisen in schweflige Säure und Eisenoxydul, welches letztere mit der vorhandenen Kieselsäure zu Schlacke zusammentritt. Bei gesteigerter Temperatur wird das Kupferoxyd von dem Schwefeleisen und Schwefelkupfer unter Bildung von Eisenoxyd und metallischem Kupfer zerlegt, welches letztere sich zum Theil in dem entstandenen Kupferstein auflöst, zum Theil auch durch das Eisenoxyd zu Kupferoxydul reducirt wird, das bei der höchsten Temperatur des Ofens sich verschlackt. Indem nun durch lebhaftes Rühren der geschmolzenen Massen Stein und Schlacken in innige Berührung kommen, setzt sich das in dem Steine enthaltene Schwefeleisen mit dem Kupferoxydul der Schlacken in Schwefelkupfer und kieselsaures Eisenoxydul um, so dass dem Kupfer fast jeder Weg zur Verschlackung abgeschnitten ist. Daraus folgt, dass beim Rösten so viel Schwefel im Röstgute zurückgehalten werden muss, dass es zur Aufnahme des Kupfers hinreichend ist.

Die in die Sandformen abgezogenen Schlacken werden zerschlagen, alle kupfersteinhaltigen Stücke sorgfältig ausgelesen und nachher wieder verschmolzen. Diejenigen Schlacken aber, welche keine Kupfergranalien enthalten, werden weggestürzt, zuweilen aber auch beim Abfliessen aus dem Ofen in Backsteinformen gegossen und als Mauersteine verwendet.

75. 3) Das Rösten des Rohsteins geschieht meist in denselben Flammenöfen, welche zu dem Rösten des Erzes Anwendung

finden. Auf Anglesea findet das Rösten in den Flammenöfen statt, in denen später der geröstete Kupferstein verschmolzen wird. Nach dem zu Swansea gebräuchlichen Verfahren beträgt die Röstpost 3 bis $3^1/_2$ Tonnen oder 60—70 Ctr. Man setzt diese Quantität mit einem Male auf den Herd und röstet mit grosser Sorgfalt, indem man zuerst nur eine gelinde Hitze anwendet und dieselbe nicht zu schnell zu hoch steigert, weil ausserdem wegen gänzlicher Abwesenheit von Gangart leicht Sinterung und Schmelzung eintreten könnte. Eine Röstung erfordert eine Zeit von 24 bis 36 Stunden. Der Zweck des Röstens ist hauptsächlich, das Eisen zu oxydiren und den Schwefel bis auf ein gewisses Quantum zu verflüchtigen und zu verbrennen. Eine gewisse Menge Schwefel in dem Röstproducte ist nothwendig, weil ausserdem das Concentrationsschmelzen nicht oder doch nur mit Kupferverlust ausführbar wäre.

4) Auf das Rösten folgt die Darstellung des weissen Concentrationssteines (*white metal*, metal ou matte blanche). Zu diesem Zwecke wird der geröstete Rohstein mit reichen, und zwar mit solchen Kupfererzen beschickt, welche fast kein Schwefeleisen, sondern nur Schwefelkupfer, Kupferoxyd und Quarz in solchen Verhältnissen enthalten, dass der Schwefelkies durch den Sauerstoff der Oxyde oxydirt wird, wobei alles Kupfer mit dem überschüssigen Kupfer zu Stein zusammentritt, das zu Oxydul oxydirte Eisen aber mit dem Quarz kieselsaures Eisenoxydul bildet. Das Schmelzen geschieht auf ähnliche Weise wie das Rohsteinschmelzen. Der sich bildende weisse Concentrationsstein ist fast von der Zusammensetzung des Kupferglanzes (Cu_2S) und wird in Sandformen abgestochen. 3—5 Proc. Kupfer gehen gewöhnlich in die Schlacke über. In der Regel besitzt der weisse Concentrationsstein eine grauweisse Farbe und körnige Textur; auf dem Bruch zeigen sich viele kleine Höhlungen. Durchschnittlich ist er in 100 Theilen zusammengesetzt aus

Kupfer	77,63
Schwefel	21,56
Eisen	0,81
	100,00

76. 5) Die nun folgende Operation bezweckt die Darstellung des blauen Concentrationssteines (*blue metal*, metal ou matte bleue). Es wird zu dem Ende nicht das Product der vorhergehenden Operation, sondern ein Gemenge von geröstetem Rohstein mit gerösteten Erzen von mittlerem Gehalte auf ähnliche Weise wie beim Rohsteinschmelzen verschmolzen. Der Hauptzweck dieser Operation ist die Entfernung des Eisens und des überschüssigen Schwefels, indem das Kupfer mit dem Minimum Schwefel verbunden als reiner und reicher Stein zurückbleibt, welcher eine bessere Kupfersorte herzustellen gestattet.

6) Die von den vorhergehenden Schmelzungen erhaltenen Kupferoxydul und Schwefelkupfer haltigen Schlacken werden in der Ab-

sicht, das Kupfer, welches sie enthalten, zu gewinnen, mit Kupferkies und Kohlenpulver gemengt und geschmolzen. Durch Einwirkung des Kupferoxyduls auf den Kupferkies entsteht ein kupferhaltiger Stein, welcher den mit den Schlacken gemengten Stein aufnimmt; durch Reaction der Kohle wird metallisches Zinn und Kupfer reducirt, die durch die Schlacken und den Stein hindurch auf die Herdsohle niederfallen und aus dem Stein Arsenik, Kobalt, Nickel etc. aufnehmen. Dadurch bildet sich ein sehr reiner weisser Stein, welcher die vorzüglichste Kupfersorte (*best selected*) liefert. Bei grösserem Schwefelgehalt der Beschickung erfolgt rother Stein, der dem blauen Steine gleicht, sich aber von demselben dadurch unterscheidet, dass er bei dichterem Bruche mehr Kupfer als Schwefelkupfer, aber gewöhnlich kein metallisches Kupfer enthält. Die hierbei erfolgende Schlacke ist kupferarm und wird nicht weiter verarbeitet.

Die unter dem Stein befindliche Masse besteht aus zwei getrennten Schichten, deren unterste unreines Schwarzkupfer (*bottom*) ist und aus 86,5 Kupfer, 3,2 Nickel, Mangan und Eisen, 1,8 Arsen, 0,7 Zinn und 7,0 Schwefel besteht; die obere Schicht besteht aus einer weissen spröden Legirung von 67 Kupfer, 29 Zinn, 2 Arsenik und 2 Nickel, Kobalt und Eisen, wird Hartmetall (*hard metal*) genannt und zu Bronzenägeln zum Befestigen von Kupferplatten verarbeitet.

77. 7) Der blaue Stein wird durch eine röstende Schmelzung in weissen Extrastein übergeführt. Zu dem Ende wird der blaue Stein einer mässigen Rösttemperatur ausgesetzt und darauf durch Schmelzen bei gesteigerter Temperatur mit Hülfe von Kieselerde die fremden Metalloxyde verschlackt. Durch Einwirkung des verschlackten Kupferoxyduls auf das Schwefeleisen des Steines wird letzterem Kupfer zugeführt. Die erforderliche Kieselerde liefert theils der dem Steine anhängende Sand, theils das Mauerwerk des Ofens. Der weisse Extrastein (in 100 Theilen aus 77,6 Kupfer, 20,4 Schwefel und 2 Eisen bestehend) liefert:

8) durch das Röstschmelzen, welches als eine Fortsetzung des vorigen Processes zu betrachten ist und nur, in Folge der Reinheit des angewendeten Materials, schneller von statten geht, einen Concentrations- oder Metallstein, eine Art Dünnstein, aus Schwefelkupfer und metallischem Kupfer (81,1 Kupfer, 18,5 Schwefel und 0,4 Eisen) bestehend.

78. 9) Der weisse Stein, so wie der Metallstein werden auf Roh- oder Schwarzkupfer verschmolzen. Man bringt $1^1/_4$—$1^1/_2$ Tonnen = 25—30 Centner der zu verarbeitenden Steine auf die Herdsohle eines von dem Schmelzofen nicht verschiedenen Ofens und lässt das Glühfeuer 12 bis 24 Stunden lang einwirken. Im Anfange darf die Hitze nicht bis zum Schmelzen gehen, nur gegen das Ende wird sie erhöht. Durch dieses Röstschmelzen wird der Schwefel in Gestalt von schwefliger

Säure entfernt und zu gleicher Zeit entweder durch Verflüchtigung allein oder durch den Sauerstoff und Verschlackung die Verunreinigungen wie Arsenik, Kobalt, Nickel, Zinn, Eisen u. s. w. entfernt. Während des Einschmelzens zerlegen sich Kupferoxydul und Schwefelkupfer gegenseitig zu schwefliger Säure und metallischem Kupfer ($2\,Cu_2O + Cu\,S = SO_2 + 3\,Cu$). Das geschmolzene Rohkupfer wird in Formen abgestochen. Es überzieht sich auf der Oberfläche mit schwarzen Blasen, weshalb es Blasenkupfer (*blistered copper*) genannt wird. Auf der Bruchfläche zeigt es ein poröses, bienenzelliges Ansehen, welches von den Gasen und Dämpfen (schweflige Säure, Arsenikdämpfe) herrührt, welche sich bei dem Aufkochen des Rohkupfers entwickeln. Das Roh- oder Schwarzkupfer ist schon ziemlich rein, von Schwefel, Eisen und anderen Metallen fast frei.

79. 10) Die letzte Operation des englischen Flammenofenprocesses ist das Raffiniren des Schwarzkupfers, welches auf der aus Quarzsand hergestellten Sohle eines mit directer oder mit Gasfeuerung versehenen Flammenofens ausgeführt wird. Man setzt je nach der Grösse des Ofens 60 bis 100 Centner Schwarzkupfer auf einmal auf. Zuerst wird schwach erhitzt, um die Oxydation zu beendigen. Nach ungefähr sechs Stunden geräth das Kupfer in Fluss. Nachdem alles Kupfer in dem Sumpf niedergeschmolzen ist und der Ofen sich in starker Hitze befindet, wird die kupferoxydulreiche, röthlichgefärbte Schlacke (wesentlich aus kieselsaurem Kupferoxydul bestehend) abgezogen. Man nennt diese Arbeit das Schäumen. Darauf wird mit einem Löffel eine Probe geschöpft und diese in einen eisernen Einguss gegossen. Nach der Beschaffenheit der Bruchfläche der Probe, ausserdem auch nach der im Ofen vorhandenen Temperatur beurtheilt man, ob zum Garmachen geschritten werden kann. Es wird die Oberfläche des geschmolzenen Kupfers mit gepulvertem Anthracit oder Sandkohle, früher mit Holzkohlenpulver bedeckt und darauf in das flüssige Metallbad eine hölzerne Rührstange, gewöhnlich von grünem Eichen- oder Birkenholz, gebracht. Man nennt diese Operation das Polen (*poling*). Man unterscheidet ein Dichtpolen oder Zähepolen. Durch das erstere sollen ausser einer unvollständigen Reduction des Kupferoxyduls die letzten Spuren schädlicher Beimengungen, besonders des Schwefels, der dem Kupfer die Eigenschaft des Steigens (vergl. S. 79) ertheilt, entfernt werden. Sobald genommene Proben die Eigenschaft des Steigens nicht mehr wahrnehmen lassen, folgt das Zähepolen oder die Reduction des vorhandenen Kupferoxyduls durch die aus den hölzernen Rührstangen unter Aufschäumen des Kupfers sich entwickelnden reducirenden Gase. Ein feines, dichtes Korn, eine lichtrothe Farbe, ein seidenartiger Glanz auf der Bruchfläche des Kupferstäbchens deuten auf den richtigen Grad der Gare. Sobald das Kupfer die Hammergare erlangt hat, wird es in eiserne Formen ausgeschöpft. Dasjenige Kupfer,

welches nach Ostindien ausgeführt wird, wird in kleine Zaine von 6 Zoll Länge, von denen jeder etwa 1/2 Pfund wiegt, gegossen. Es führt den Namen japanisches Kupfer. Sobald es in der Form erstarrt ist, wird es sofort in kaltem Wasser abgelöscht, wodurch es eine schöne rothe Farbe annimmt. Die gewöhnlichen Kupferbarren (Plattenkupfer) sind 18 Zoll lang, 12 Zoll breit und 2—2 1/2 Zoll stark. Das zur Messingbereitung verwendete Kupfer erhält nicht die Hammergare (es wird nicht geschäumt, *poled*), sondern man giesst es im übergaren Zustande mit einem siebähnlich durchlöcherten eisernen Löffel in kaltes, oder auch in heisses Wasser, um es dadurch zu granuliren; in heissem, ruhigem Wasser fallen die Körner rundlich aus (*bean shot*, cuivre en grains), in kaltem und fliessendem federähnlich (*feathered shot*, cuivre en plumes).

Die ganze Zeitdauer des Garprocesses nach dem englischen Verfahren beläuft sich auf etwa 20 Stunden; das ungefähr 8—12 Stunden nach dem Beginn der Operation vorgenommene Umrühren wird vier Stunden lang fortgesetzt; der Rest der Zeit verstreicht mit Abkühlen des Kupfers bis zur Erniedrigung auf die zum Ausschöpfen sich eignende Temperatur, mit dem Giessen in Formen etc.

Die Zunahme der Kupferconcentration in den verschiedenen Producten der Kupfergewinnung in Flammen- und Schachtöfen zeigt folgende vergleichende Tabelle:

Engl. Flammenofenbetrieb.	Kupfergehalt.		Mansfelder Schachtofenbetrieb. Kupfergehalt.	
Geröstetes Erz	20—25	Proc.	2,75	Proc.
Rohstein	33	,,	47,00	,,
Gerösteter Rohstein	34	,,	51,00	,,
Weisser Stein	77	,,	—	,,
Blauer Stein	56	,,	—	,,
Schlackenstein	62—74	,,	—	,,
Extrastein	77,5	,,	—	,,
Metallstein	81,5	,,	—	,,
Schwarzkupfer	92	,,	88—95	,,
Raffin. Kupfer	97—99,5	,,	98,5—99,5	,,

Gewinnung des Kupfers aus oxydirten Erzen.

80. Die Darstellung des Kupfers aus oxydirten Erzen ist einfach. Die Erze werden mit Kohlen in einem Schachtofen niedergeschmolzen, indem man sie mit den erforderlichen Zuschlägen versetzt, um eine leichtflüssige Schlacke, die kein Kupfer aufnimmt, zu erzielen. Das erfolgende Schwarzkupfer wird in ovalen Spleissöfen (vergl. Seite 88) gar gemacht und in Blöcken als Rosettenkupfer in den Handel gebracht. Zu Chessy bei Lyon verschmilzt man Malachit, Kupferlasur und Rothkupfererz. Es findet dabei durch Verschlackung ein nicht unbedeutender Kupferverlust statt. Auf den sibirischen Kupferhütten am Ural giebt man den oxydirten Kupfererzen einen Zuschlag von kiesigen Kupfererzen

und von Schwefelkies, wobei das Kupfer durch den Schwefel vor der Verschlackung geschützt und in einen Stein verwandelt wird, den man auf Schwarzkupfer verschmilzt.

B. Gewinnung des Kupfers auf nassem Wege.

81. Die Gewinnung des Kupfers auf nassem Wege oder die hydrometallurgische Kupfergewinnung beschäftigt sich

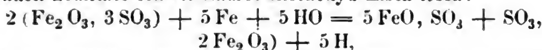
1) mit der Darstellung künstlicher Kupferlösungen aus oxydirten oder kiesigen Kupfererzen auf chemischem Wege und Zerlegung dieser Lösungen, oder
2) mit der Zerlegung natürlicher Kupferlösungen (Cementwässer).

1) Die Gewinnung des Kupfers auf nassem Wege aus künstlich dargestellten Kupferlösungen hat in den letzten Jahren zu vielen neuen Methoden Veranlassung gegeben. Viele derselben jedoch tragen meist den Stempel des Neuen und Werdenden, oft sogar den des Projectes, welche erst ihre Bewährung im Grossen und ihre zur Durchführung geeignete Form finden müssen. Von Alters her hat man zwar aus den in der Natur sich findenden Kupferlösungen durch Niederschlagen metallisches Kupfer, das sogenannte Cementkupfer gewonnen; diese einzige hydrometallurgische Gewinnung des Kupfers stand aber isolirt und blieb ohne Erweiterung und ohne Fortschritt. Alle übrigen Methoden der Gewinnung des Kupfers auf nassem Wege, welchen die Idee zu Grunde liegt, das in den Erzen enthaltene Kupfer in wässerige Lösung zu bringen und daraus metallisch zu fällen, gehören der allerneuesten Zeit an und sind das Resultat der Ueberführung der Erkenntnisse der analytischen und reinen Chemie in das praktische Leben. Die grosse Leichtigkeit, mit welcher das Kupfer in Lösung gebracht und daraus gefällt werden kann, musste die Veranlassung geben, den nassen Weg zur Kupferextraction zu versuchen, wenn der trockene Weg wegen Kupferarmuth und ungünstiger Verhältnisse in Bezug auf die Beimengung fremder Substanzen keine ökonomisch vortheilhaften Resultate giebt.

Die Ueberführung des Kupfers in wässerige Lösung geschieht entweder 1) durch blosses Verwitternlassen, in der Regel mit Zusätzen, welche die Verwitterung begünstigen, oder 2) durch Rösten der Kupfererze mit oder ohne Zuschlag, oder 3) bei ockerigen Erzen direct durch Behandeln derselben mit Mineralsäuren (Salzsäure oder Schwefelsäure). Bei letzteren sind oft grosse Hindernisse zu überwinden; enthalten die oxydirten Kupfererze nämlich ausserdem noch Kalk-, Magnesia- und Eisencarbonate, so lösen sich diese vor dem Kupfer und geben dadurch zu grossem Säureverbrauch Veranlassung. Eine zweite Schwierigkeit besteht in der Fällung des gelösten Kupfers. Das Eisen, in der Regel das Mittel, durch welches das Kupfer niedergeschlagen wird, gestattet im Grossen niemals, das Kupfer in reiner Form zu fällen. In den Erzen

ist das Kupfer immer vom Eisen begleitet und deshalb ist die erhaltene Lösung eine eisenhaltige Kupferlösung. Der Eisenvitriol, welcher anfänglich in der Lösung enthalten ist, geht sehr bald in unlösliches basisches Eisenoxydsalz über, welches das Kupfer verunreinigt. Aehnlich verhält sich Eisenchlorür. Bei der Anwendung von Eisen zum Niederschlagen des Kupfers bleiben, namentlich wenn man sich des Gusseisens bedient, nach dem Auflösen des Eisens reichliche Mengen Graphit zurück. Endlich ist nicht zu vergessen, dass das Eisen aus der Lösung nicht nur Kupfer, sondern auch Arsen, Thallium, kurz alle negativen Metalle fällt, welche das Kupfer gewöhnlich begleiten. Das gefällte Kupfer ist also mit basischen Eisensalzen, Graphit, Arsen, Thallium, Erzstaub u. dgl. in solcher Menge verunreinigt, dass das Kupfer oft nur 50 Proc. vom Gewicht des Niederschlages, oft auch nur 30 Proc. ausmacht.

Der Theorie nach braucht man zur Fällung von 100 Th. Kupfer 88 Th. Eisen, während man thatsächlich bis 200—300 Theile braucht. Der Grund davon liegt darin, dass nicht nur die vorhandene Säure, sondern auch neutrales schwefelsaures Eisenoxyd Eisen lösen:



$$2\,(Fe_2O_3,\ 3\,SO_3) + 5\,Fe + 5\,HO = 5\,FeO,\ SO_3 + SO_3,\ 2\,Fe_2O_3) + 5\,H,$$

wobei das basische Salz das Cementkupfer verunreinigt. Durch entsprechenden Zusatz von Kalk vor dem Niederschlagen des Kupfers kann man die schädlichen Eisensalze zersetzen. Neuerdings hat man indessen auch das Eisen durch Schwefelwasserstoff zu ersetzen gesucht.

α) Methode mit vorheriger Röstung. Zu Rio tinto in Südspanien verfährt man auf folgende Weise. Das zu verhüttende Erz ist dichter Schwefelkies, welchem Kupferkies, Buntkupfererz und Kupferglanz beigemengt sind. Der Kupfergehalt ist so ungleichmässig vertheilt, dass er von etwa 0,5 bis zu 30 Proc. und darüber variirt. Der Grubenbetrieb liefert ausser den Erzen selbst noch grosse Mengen von kupferhaltigem Eisenvitriol, welcher für die Cementation ein vollkommenes Material abgiebt. Endlich führen die durch den Stollen abziehenden Grubenwässer ebenfalls nicht unbedeutende Mengen von Kupfer- und Eisensalzen in Lösung, welche letztere gleichfalls mittelst Cementation ausgebeutet werden. Die Methode, die man zum Zugutemachen anwendet, besteht in der Cementation mittelst Roheisen. Die verschiedenen Processe sind folgende: Die Röstung der rohen Erze geschieht in pyramidalen Haufen unter freiem Himmel; der Zweck derselben ist die Bildung von schwefelsauren, in Wasser löslichen Salzen; das geröstete Erz nebst den Vitriolen der Grube wird in Sümpfen aufgestürzt und mit kaltem Wasser behandelt; die gewonnene Lauge kommt in die Klärungssümpfe, in welchen sie 2 bis 3 Stunden sich selbst überlassen bleibt, um den letzten Antheilen des mechanisch mit fortgerissenen Erzstaubes Gelegenheit zu geben, sich abzusetzen. Die geklärte Lauge geht in die Cementationssümpfe über, die mit Roheisen besetzt sind; die erste Ein-

wirkung des Eisens auf die Lauge äussert sich durch die Reduction der Eisenoxydsalze. Die Verunreinigung der Lauge durch diese Salze bewirkt in der Praxis zu Rio tinto auch grösstentheils den Aufwand von 300 Th. Roheisen und darüber auf 100 Th. Kupfer. Sobald die Ausfällung beendigt ist, giebt sich dies durch eine apfelgrüne Färbung der Mutterlauge zu erkennen und daran, dass ein blankes Eisenstäbchen sich darin nicht mehr mit Kupfer überzieht. Man lässt dann die Lauge ablaufen und führt neue kupferhaltige Lauge zu, und wiederholt dies, je nach der Menge des in dem Sumpfe schon angesammelten Cementkupfers 3, 4 oder 5 Mal. Man hat die Erfahrung gemacht, dass, um ein bestimmtes Quantum Kupfer auszufällen, im Sommer nur etwa $^2/_3$ der Zeit nöthig ist, welche im Winter gebraucht wird. Daraus ergiebt sich auch eine Ersparniss an Eisen im Sommer, da in Folge der Abkürzung der Zeit weniger Eisenoxydsalze sich bilden können, welche auf Kosten des Eisens zu reduciren sind. Nachdem sich die erforderliche Menge von Cementkupfer im Sumpfe angesammelt hat, schreitet man zum Reinigen desselben, indem man damit zugleich das noch an dem Eisen haftende Kupfer abschabt. Mit dem Kupfer setzen sich grosse Mengen unlöslicher basischer Salze ab. Diese Verunreinigung ist so bedeutend, dass der Kupfergehalt des Präcipitates (cascara) selten über 50 Proc. steigt. Die nach Ausfällung des Kupfers abgezapfte Mutterlauge enthält ausser den basischen Eisenoxydsalzen noch fein zertheiltes, in der Lauge schwebendes Kupfer. Um dies zu gewinnen, wird die Mutterlauge in andere Sümpfe geführt, worin sich nach einiger Zeit abermals eine Masse (papucha) absetzt, aus basischen Salzen und 8 bis 10 Proc. Kupfer bestehend.

Die Fällung des Kupfers aus den natürlichen Cementwässern geschieht ebenfalls durch Roheisen, jedoch nicht in Sümpfen, sondern in hölzernen oder gemauerten Kanälen, welche durch Pech oder Asphalt geschützt sind. Diese Leitungen durchfliesst das Cementwasser. Das so erhaltene Präcipitat ist bei weitem reiner als das in den Sümpfen aus künstlicher Lauge erhaltene. Da in den Kanälen die Eisenoxydsalze sich weniger leicht oxydiren können, so ist auch hierbei der Eisenverbrauch geringer als in stehenden Sümpfen, obgleich in Folge der sauren Beschaffenheit der Cementwässer immer etwas Eisen sich auflöst und somit für die Fällung des Kupfers verloren geht.

Das noch feuchte Präcipitat wird in Form von faustgrossen Ballen gebracht, an der Luft getrocknet und darauf in kleinen schachtförmigen Oefen einer Art Röstung unterworfen. Durch dieses Brennen und die theilweise Sinterung der Masse erhalten die Cementkupfertheilchen so viel Zusammenhang, dass sie beim Einschmelzen dem Luftstrome besser widerstehen. Auch ist mit dem Rösten noch ein anderer Vortheil verbunden; es zeigte sich nämlich, dass aus dem Schwarzkupfer, aus dem gerösteten Präcipitat erzeugt, auch ein besseres Garkupfer, als früher

ohne diese Röstung, erzielt werden kann. Die Ursache davon liegt theils in der durch die Röstung bewirkten Zerzetzung der schwefelsauren Eisenoxydsalze und der Oxydation des regulinischen Eisens, welches das Präcipitat verunreinigt, theils aber auch in der Verflüchtigung von gewissen Arsen- und Antimonverbindungen, womit das Cementkupfer, der Erfahrung gemäss, ebenfalls verunreinigt ist. — Das geröstete Präcipitat wird auf offenen Herden mittelst Holzkohle und Gebläseluft eingeschmolzen, und das erhaltene Schwarzkupfer in flache Stichherde abgestochen. Man gewinnt aus dem Schmelzgute zwischen 63 und 66 Proc. Schwarzkupfer. Zum Garmachen kommt das Schwarzkupfer in Flammenöfen.

Die Rückstände der auf Kupfer benutzten Erze enthalten noch viel Kupfer, was man zum Theil dadurch gewinnt, dass man die Erze der Verwitterung überlässt und die verwitterten Erze mit Wasser auslaugt, um die hierbei sich bildende Lauge in mit Eisenstücken versehenen Kanälen zu Gute zu machen.

Zu Foldal in Norwegen schlägt man nach Sinding das Kupfer aus den Lösungen durch Schwefelwasserstoffgas nieder. Das gefällte Schwefelkupfer wird entweder auf Kupfervitriol oder auf metallisches Kupfer verarbeitet. Im ersteren Falle wird das Schwefelkupfer einer vorsichtig durchgeführten Flammenofenröstung unterworfen und dadurch in Kupfervitriol übergeführt. Soll dagegen das Kupfersulfuret auf metallisches Kupfer verarbeitet werden, so wendet man auch den Flammenofenprocess an. Da sich nämlich Schwefelkupfer und Kupferoxyd gegenseitig zu regulinischem Kupfer reduciren, so wird eine gewisse Menge Schwefelkupfer auf einem Flammenofenherde todtgeröstet, ein anderer Theil Schwefelkupfer dahingegen, um der Oxydation desselben vorzubeugen, schnell eingeschmolzen. Das Kupferoxyd im noch glühenden Zustande wird nachgerade mit dem geschmolzenen Schwefelkupfer zusammengebracht, bis das Aufhören der Entwickelung von schwefliger Säure zu erkennen giebt, dass das ganze Metallbad in regulinisches Metall umgewandelt worden ist, dessen weitere Behandlung hier als bekannt vorausgesetzt werden kann.

Nach dem Verfahren von de la Cenda wird das Kupfererz durch Rösten mit Schwefel oder durch Behandeln mit Schwefelsäure in Kupfervitriol übergeführt. Das Kupfererz wird ausgelaugt. Die Kupfervitriollauge wird durch Abdampfen bis auf 60° B. gebracht und dann mit 3 Proc. Holzkohlenpulver zu einem Brei angerührt, aus welchem Ziegel geformt werden. Die Ziegel werden in einem Töpferbrennofen stark erhitzt, wobei sie alle Schwefelsäure verlieren. Das zurückbleibende metallische Gemisch wird dann auf gewöhnliche Weise niedergeschmolzen.

Wegen der Kostspieligkeit des Eisens zum Ausfällen des Kupfers wendet Ad. Aas Eisenschwamm an, den er dadurch erhält, dass er die beim Kernrösten der kupferhaltigen Schwefelkiese fallenden durch Aus-

laugen vom Kupfervitriol befreiten Schalen mit Kohlenklein mengt und mittelst Generatorgasen reducirt. Zur Herstellung des Eisenschwammes bedarf es nur wenig Brennmaterial und der Preis desselben ist weit niedriger als der des Roheisens. Nach dem Verfahren von Bechi und Haupt macht man durch eine mit Chlorentwickelung verbundene Röstung der Erze das Kupfer löslich, laugt hierauf die Masse zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Schwefelsäure aus, fällt die Laugen mit Kalkmilch, verschmilzt die Niederschläge (welche Gyps enthalten) zu Stein, und verarbeitet diesen auf Schwarz- und Garkupfer. Th. Cobley verwandelt das Kupfer der Erze nach der gewöhnlichen Röstung derselben durch Erhitzen mit Chlormagnesium in lösliches Kupferchlorid, laugt aus und fällt das Kupfer mittelst Magnesia. Bei der enormen Menge von Chlormagnesium, die bei der Verarbeitung des Carnallits als Nebenproduct fällt, verdient dieses Verfahren alle Beachtung.

Nach der von A. Stromeyer vorgeschlagenen Methode, die sich darauf gründet, dass eine Lösung von unterschwefligsaurem Kupferoxydul-Natron ($Cu_2O, S_2O_2 + 3 NaO, S_2O_2$) durch kohlensaures Natron nicht gefällt wird, soll man die Malachit- oder Kupferlasurhaltigen Erze mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron kochen, zu welchem man behufs der Reduction des Kupferoxydes schwefligsaures Natron gesetzt hat. Aus der Kupferlösung soll man durch Schwefelnatrium das Kupfer ausfällen. G. Bischof sen. und jun. heben die Uebelstände des neuen Verfahrens hervor, die darin bestehen, dass die vorhandenen Kupfersulfurete sich nicht mit lösen; die Gegenwart von Kalk in den Erzen verzögert die Auflösung des Kupfers und macht die leichte Zersetzbarkeit des unterschwefligsauren Natrons nach einigen Tagen schon bemerklich.

Th. Richardson gewinnt das Kupfer aus den Kiesen auf folgende Weise: Man mischt die fein pulverisirten Kiese mit 10 Proc. Kochsalz, das man in wässeriger Lösung, oder in Gestalt von Meerwasser, Salzsoole u. dgl. verwendet. Die feuchte Masse lässt man auf einem wasserdichten Boden dünn ausgebreitet an feuchter Luft liegen, indem man sie möglichst ausbreitet und öfters umschaufelt. Die Temperatur wird auf etwa 27° erhalten. Sobald die Masse trocken erscheint, wird sie wieder angefeuchtet. Wenn sie sich genügend oxydirt hat, wird sie ausgelaugt und das Kupfer aus der Lösung durch Eisen niedergeschlagen. (Hierbei wird sich hauptsächlich unlösliches basisches Kupferchlorid bilden.)

Von den übrigen Methoden der Kupfergewinnung auf nassem Wege seien folgende erwähnt: Nach dem Verfahren von Th. Levis und M. Roberts werden die Erze gepulvert, in einer Art Kalkofen 3—24 Stunden lang geröstet, je nachdem das zu röstende Erz in Schwefelkupfer, Kupferoxyd oder Malachit besteht, und dann mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure oder mit einem Gemisch beider ausgezogen. Aus der Lösung wird das Kupfer mit Schwarzblechschnitzeln

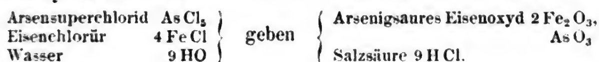
gefällt. Ein ähnliches Verfahren ist früher schon von C. Triplier beschrieben worden. Nach Dähne (in Swansea) soll man die abgerösteten Kiese mit Eisenvitriol vermischen und die Mischung kurze Zeit bei schwacher Rothglühhitze calciniren, bis der Eisenvitriol in Eisenoxyd übergegangen ist, wobei die Schwefelsäure desselben das Kupfer in schwefelsaures Kupferoxyd verwandelt. Dieses wird nachher ausgelaugt und das Kupfer in bekannter Weise aus der Flüssigkeit niedergeschlagen. Wenn die kupferhaltige Substanz erhebliche Mengen von Thonschiefer oder Thon enthält, so wendet man nicht Eisenvitriol an, sondern man befeuchtet sie mit concentrirter Schwefelsäure, lässt die Mischung 24 Stunden lang stehen und calcinirt sie dann gelinde, wobei ebenfalls das Kupfer in schwefelsaures Salz übergeht, welches nachher ausgelaugt und mittelst Eisen gefällt wird. P. Spence wendet folgendes Verfahren an: Das Erz wird geröstet und dann möglichst fein zertheilt. Hierauf bringt man 5 Tonnen desselben mit einer Mischung von 5 Ctr. Salzsäure und der doppelten Menge Wasser, in welcher 1 Ctr. Chilisalpeter aufgelöst worden ist, zusammen und lässt die Mischung in einem hölzernen Behälter 24 Stunden lang stehen. Nach dieser Zeit wird die Flüssigkeit abgezapft und das Kupfer durch Eisen daraus niedergeschlagen. Der Rückstand wird nochmals derselben Behandlung unterworfen. Clement (in Liverpool) bringt die gerösteten Kiese in eine Kammer und leitet in dieselbe Salzsäuredämpfe und eine kleine Menge Wasserdämpfe, letztere nur behufs der Erwärmung. Nach hinlänglicher Einwirkung werden die Kiese mit Wasser ausgelaugt und aus der so erhaltenen Kupferchloridlösung das Kupfer durch Eisen gefällt. Nach W. Gossage soll man das Kupfer mit einer heissen Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd oder Eisenchlorid ausziehen und das Kupfer mit Schwefeleisen fällen.

Ed. Häffely schlägt vor, die kupferhaltigen Kiese, die zur Entwickelung von schwefliger Säure behufs der Schwefelsäurefabrikation gedient haben, nochmals zu rösten, um den darin zurückgebliebenen Theil des Schwefels noch zu verwerthen, und dann erst zum Auslaugen zu schreiten. Zum Auslaugen der Masse dient die Flüssigkeit, welche bei der Chlorentwickelung aus Braunstein und Salzsäure zurückbleibt. Diese Flüssigkeit wird in den ersten Kasten gebracht, gelangt, nachdem sie auf das in demselben befindliche geröstete Erz gewirkt hat, vom Boden desselben aus in den zweiten Kasten, und so fort, bis sie zuletzt aus dem letzten Kasten in ein Reservoir abfliesst. Für diese Operation ist, damit die ganze oder doch nahezu die ganze Menge des Kupfers ausgezogen werde, etwa eine Woche nöthig, worauf das Erz aus dem ersten Kasten entfernt und derselbe mit einer frischen Portion beschickt wird. Die zum Auslaugen dienende Flüssigkeit wird nun in den zweiten Kasten geleitet und die Lauge aus dem ersten, welcher jetzt der letzte geworden ist, abfliessen gelassen u. s. f. Diese so erhaltene kupfer-

haltige Flüssigkeit wird, wenn sie nicht genügend sauer ist, noch mit so viel von dem sauren Rückstande der Chlorentwickelung vermischt, dass sie deutlich sauer reagirt, und am besten mit einer gewissen Menge Wasser verdünnt. Man versetzt sie sodann in einen steinernen Behälter mit dem basischen Schwefelcalcium, welches beim Auslaugen der rohen Soda zurückgeblieben ist, wodurch das Kupfer als Schwefelkupfer niedergeschlagen wird. Nachdem das ganze Kupfer in dieser Art gefällt ist, lässt man die Masse auf ein Sandfilter fliessen, auf welchem das Schwefelkupfer, mit anderen Substanzen vermischt, zurückbleibt. Dasselbe wird sodann zur möglichsten Befreiung von Eisen und anderen löslichen Stoffen mit Wasser gewaschen, abtropfen gelassen, getrocknet und dann auf Kupfervitriol oder metallisches Kupfer verarbeitet.

β) Extraction des Kupfers ohne vorherige Röstung. Das Ausziehen des Kupfers aus oxydischen Kupfererzen durch Lösungsmittel ist, wie oben erwähnt, bedeutend erschwert, wenn die Erze Kalk enthalten. Gewöhnlich hört der Vortheil schon auf, wenn die Erze einen Kalkgehalt von 2 Proc. zeigen. Die bereits angeführte Methode von Stromeyer (S. 104) würde diesen Uebelstand umgehen, wenn sie in der That im Grossen sich bewährte. G. Bischof schlägt folgenden einfachen Weg ein: Wenn die Erze Kalk oder Gangart enthalten, so werden sie in einem gewöhnlichen Kalkofen geröstet und nachher gewaschen, um den feinen Staub von Aetzkalk und Magnesia zu entfernen. Dies gewaschene geröstete Erz wird nachher behandelt, wie es seine Constitution erheischt. Ist das Rösten und Waschen entbehrlich, so kann es sogleich mit Schwefelkies beschickt und verschmolzen werden. Das Schmelzproduct (Rohmetall) wird sodann zerkleinert und bei gelinder Rothglut geröstet und zwar unter einer Muffel, wo es nicht unmittelbar mit der Flamme in Berührung kommt. Dadurch werden die Kupferschwefelungen zum grössten Theil in schwefelsaure Salze verwandelt, welche mit Wasser ausgelaugt werden. Der Rückstand wird mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, wodurch die Kupferoxydate, und, falls nicht zu viel Arsen und Antimon dabei ist, auch das Silber in Lösung gebracht wird. Ist viel Arsen und Antimon vorhanden, so muss der Rückstand bei höherer Temperatur, unter Beimischung von Kohle, Schwefelkies oder Rohmetall oder auch Schwefelzink, geröstet werden. Das hiernach resultirende Röstproduct wird mit der vorhin erhaltenen Lauge ausgewaschen; man bekommt dann das rückständig gebliebene Silber in die Lösung. Enthält das Erz kein Silber, so ist die zweite Röstung unnöthig. Die Fällung des Kupfers und Silbers geschieht auf gewöhnliche Weise. Das Fällkupfer wird zuerst mit einer verdünnten Lösung von Kupfervitriol gewaschen, um metallisches Eisen zu entfernen, sodann mit Wasser und zuletzt mit einer alkalischen Lösung, um basische schwefelsaure Eisensalze zu lösen; zur Vertreibung von Arsen und Antimon wird es zum Schluss noch geröstet und sodann eingeschmolzen.

Nach dem von J. Michell vorgeschlagenen und auf Alderley Edge eingeführten Verfahren werden die Erze mit Salzsäure behandelt. Die Erze bestehen aus einem wechselnden Gemische von arsensaurem, kohlensaurem, phosphorsaurem und reinem Kupferoxyd. Die Beimischung von Arsenik in dem Erze ist ein grosser Uebelstand, da es durch Eisen gleichfalls im metallischen Zustande gefällt wird, dem Kupfer sich beimischt und die Reinigung desselben sehr erschwert. Erst in neuester Zeit ist man dahin gelangt, auf einfachem Wege das Arsenik vor der Kupferbildung zu beseitigen. Werden 2 Volumen der frischen kupferhaltigen Lösung mit 1 Volumen Eisenchlorürlösung gemischt und zum Kochen erhitzt, so fällt ein weisser Niederschlag von arsenigsaurem Eisenoxyd, von schwankender Zusammensetzung, nieder, während gleichzeitig die überstehende Flüssigkeit stark sauer wird. Die Zerlegung ist folgende: Das Kupfererz enthält Arsensäure AsO_5, welche mit Salzsäure Arsensuperchlorid $AsCl_5$ liefert. Die Eisenlösung enthält Chlorür $FeCl$; bei der Zerlegung beider erhält man arsenigsaures Eisenoxyd und Salzsäure:



Arsensuperchlorid	$AsCl_5$	geben	Arsenigsaures Eisenoxyd $2\,Fe_2O_3, AsO_3$
Eisenchlorür	$4\,FeCl$		
Wasser	$9\,HO$		Salzsäure $9\,HCl$.

Für die hydrometallurgische Kupfergewinnung ist die Beobachtung Stromeyer's wichtig, dass eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd sowol metallisches, als auch oxydirtes und geschwefeltes Kupfer in Kupfersulfat überführt. Auf dieser Reaction beruht die Anwendung von schwefelsauren Cementationsmutterlaugen, aus denen zuvor Eisenvitriol als Nebenproduct abgeschieden wurde, zur Ausziehung des Kupfers aus oxydischen oder aus gerösteten Erzen. G. Barruel machte im Jahre 1852 die Entdeckung, dass sich das Kupfer auch aus kiesigen Kupfererzen (Kupferkies, Fahlerz u. s. w.) ohne vorhergehende Röstung auf nassem Wege und zwar durch Ammoniak ausziehen lasse. Man soll zu dem Ende durch das feingepulverte, mit verdünntem Ammoniak angerührte Erz einen Luftstrom treiben. Das Kupfer löst sich vollständig auf und verbleibt nach dem Abdestilliren der ammoniakalischen Flüssigkeit als Kupferoxyd in schwarzen glimmerartigen Blättchen. Es wurde gefunden, dass man 1 Aeq. Ammoniak auf 1 Aeq. Kupfer bedarf. 1 Kilogr. Kupfer erfordert 833 Kubik-Decimeter Luft. Die Operation darf nicht sehr schnell erfolgen, denn bei erhöhter Temperatur würde ein grosser Theil des Ammoniaks mit fortgerissen werden. Das ausgeschiedene Kupferoxyd wird wie gewöhnlich einem reducirenden Schmelzen unterworfen. Hauer erhielt, als er diese Methode versuchte, keinen guten Erfolg. Schönbein hat den Vorgang, der bei der Kupfergewinnung nach Barruel stattfindet, durch seine Untersuchungen über die Oxydation der Bestandtheile des Ammoniaks durch poröse Körper, erläutert. Bringt man Kupferpulver, wässe-

riges Ammoniak und atmosphärische Luft zusammen, so wird der Sauerstoff so rasch absorbirt, dass man auf diese Weise einem ganzen Kubikfuss atmosphärischer Luft in wenigen Minuten den Sauerstoff entziehen konnte. In der Flüssigkeit befindet sich ausser Kupferoxyd salpetrigsaures Ammoniak. Es ist daher nicht sowol das Ammoniak, welches aus kiesigen Kupfererzen das Kupfer als Oxyd auflöst, als vielmehr die durch Oxydation des Ammoniaks gebildete salpetrige Säure. In Anschluss an die Abhandlung von Schönbein hat Tuttle gefunden, dass die Oxydation des Ammoniaks gleichzeitig mit der des Kupfers stattfinde und durch diese bedingt sei. Was die practische Verwendung des vorstehenden Verfahrens betrifft, so wurde bei einem am Rheine angestellten Versuche gefunden, dass das Ammoniak, obgleich man in luftdichten Gefässen arbeitete, nur zum Theil wieder gewonnen werden konnte. Bei einer Wiederholung der Arbeit verschwindet sogar das Ammoniak gänzlich. v. Liebig hat diese Erscheinung aus der Beobachtung von Way (die indessen thatsächlich von J. Ph. Bronner zu Wiesloch bei Heidelberg herrührt) zu erklären gesucht, dass Ackererde das Ammoniak einer wässerigen Lösung entzieht. Damit ist nun aber auch der Anwendung des Ammoniaks zur Kupferextraction das Urtheil gesprochen, da es kein Mittel giebt, die Absorption desselben durch das Erzpulver zu verhindern.

2) Die Cementkupfergewinnung aus natürlichen Cementwässern. In Gruben, in welchen kiesige Kupfererze sich oxydiren, lösen die Oxydationsproducte (schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Eisenoxydul-Oxyd) sich in dem das Gestein durchdringenden Wasser auf und bilden die kupferhaltigen Grubenwässer (Cementwässer), aus denen durch metallisches Eisen das Kupfer als Cementkupfer (vergl. S. 100) gefällt wird. Auf der Monagrube zu Amlweh auf der Insel Anglesea hebt man die Cementwässer zuerst in ein grosses Bassin, um sie durch Absetzen von Eisenocker zu klären, und leitet sie darauf in die Cementgruben (*iron pits*), in welchen sich das zur Zersetzung des Kupfervitriols bestimmte alte Guss- und Schmiedeeisen befindet. Auf der erwähnten Monagrube sind in sämmtlichen Gruben mindestens 40,000 Ctr. altes Eisen vorhanden. Die Cementwässer müssen durch alle Gruben hindurchgehen, worauf es so arm ist an Kupfer, dass es nicht mehr benutzt werden kann. Von Zeit zu Zeit muss das Eisen bewegt werden, damit die oxydirte Fläche sich abscheuere. Von Zeit zu Zeit werden die Bodensätze in den Sümpfen aufgerührt und die trübe Flüssigkeit mit allem Schlamm in grosse Sümpfe geleitet, in welchen sich der Schlamm absetzt, der in einem Trockenofen bei Flammenfeuer getrocknet wird. Der Kupfergehalt des Schlammes ist sehr verschieden, der reichste enthält ungefähr 50 Proc. Kupfer, durchschnittlich kann man einen Kupfergehalt von 15 Proc. annehmen, da der Hauptbestandtheil des Schlammes basisch schwefelsaures Eisenoxyd ist. Auf der

Monagrube werden jährlich 12—15,000 Centner Schlamm gewonnen, welche 1600—2000 Centner Garkupfer liefern. Das Cementkupfer oder vielmehr der getrocknete Schlamm wird beim Steinschmelzen, also beim ersten Concentriren des Rohsteines zugesetzt. Mit diesem Verfahren ist ein grosser Verbrauch an Eisen verbunden, indem sich in dem säurehaltigen Wasser weit mehr Eisen auflöst, als zur Fällung des Kupfers erforderlich ist. Nach einem Vorschlage von Napier soll ein reines Kupfer und zwar vollständig gefällt werden dadurch, dass man die Cementwässer mit Schwefelsäure ansäuert. Durch diesen Zusatz wird das Eisen immer blank erhalten und es wird das aufgelöste Eisen bei Zusatz von organischen Substanzen (z. B. Sägespänen) als Eisenvitriol erhalten. Die Sägespäne sollen der verdünnten Schwefelsäure die Eigenschaften nehmen, das metallische, nicht aber das oxydirte Eisen aufzulösen. Zu 1000 Litern Grubenwasser setzt man 2 Kilogr. Schwefelsäure und 2 Kilogr. Sägespäne und beseitigt die letzteren, sobald das in dem Wasser enthaltene Oxyd zu Oxydul reducirt worden ist. Darauf fällt man das Kupfer durch metallisches Eisen aus.

82. Zu Herrengrund bei Neusohl in Niederungarn, wo früher beträchtliche Mengen von Cementkupfer gewonnen wurden, ist die Gewinnung jetzt sehr unbedeutend. Dagegen zu Schmöllnitz in Oberungarn hat die Cementkupferbereitung eine so grosse Ausdehnung erhalten, dass jährlich gegen 2500 Ctr. Garkupfer aus den Cementirwerken gewonnen werden. Man leitet in die verlassenen Baue heisses Wasser, welches nach längerem Verweilen darin eine schwache Vitriollauge bildet, die wieder zu Tage gehoben wird. Ausserdem hat man zu Schmöllnitz ein künstliches Bewässerungssystem der grossen Grubenhalden eingeführt und sich dadurch einen grossen Zuschuss an Cementwasser verschafft. Die theils aus der Grube gehobenen, theils durch das Bewässern der Halden erhaltenen Cementwässer werden in Sümpfen gesammelt und aus diesen den Cementwerken zugeführt, welche aus einer grossen Anzahl unter einander liegender kleiner Sümpfe bestehen, von denen ein jeder mit Stücken von altem Eisen angefüllt ist. Das Cementwasser fliesst über alle diese kleinen Gefälle hinweg, bis es von dem am tiefsten liegenden ganz frei von Kupfer abfliesst. Man theilt die gewonnenen Niederschläge in drei Sorten, von denen die reichste gegen 70 Proc. Kupfer und darüber enthält. Die besten und die mittleren Sorten werden beim Rösten den gerösteten Rohsteinen zugesetzt und auf Rohkupfer verschmolzen. Die schlechteste, nur wenig Kupfer enthaltende Sorte kommt zum Erzschmelzen. Zum Niederschlagen rechnet man 200 Th. Schmiedeeisen, oder 300 Th. Roheisen, um 100 Th. Rohkupfer aus den Niederschlägen zu erhalten.

Kupferproduction.

Die Kupferproduction auf der ganzen Erde (mit Ausnahme von China und Japan) beträgt gegenwärtig (1865) etwa 1,300,000 Centner, davon kommen auf

England	130,000	Centner.
Russland	350,000	,,
Oesterreich	60,000	,,
Chile	280,000	,,
Nordamerika	200,000	,,
Preussen	35,000	,,
Spanien	40,000	,,
Schweden	40,000	,,
Belgien	20,000	,,
Hannover	5,500	,,
Sachsen	700	,,
Cuba	40,000	,,
Bolivia und Peru	30,000	,,

Nimmt man den Durchschnittspreis des Kupfers zu 70 fl. s. W. (= Thlr. 40) den Centner an, so ergiebt sich als Gesammtwerth des jährlich producirten Kupfers die Summe von 91 Mill. Gulden (= 52 Mill. Thaler).

Das Blei[1]).

83. Das Blei (plomb, *lead*) gehört zu denjenigen Metallen, welche schon in den ältesten Zeiten bekannt gewesen sind. Homer schon bezeichnet es als μόλυβδος und erwähnt bei Gelegenheit der Lanze des Iphidamas der Biegsamkeit und da, wo er von der Iris spricht, der Schwere des Bleies[2]), doch werden Zinn und Blei im Alterthum häufig miteinander verwechselt. Zuverlässige Nachrichten über das Blei finden sich erst bei Plinius. Die Römer verstanden schon die Kunst, Bleiröhren zu Wasserleitungen herzustellen und Plinius giebt an, es könne das Blei nicht ohne Zinn, eben so wenig wie das Zinn ohne Blei gelöthet

---

1) Literatur: Landrin, Du plomb, de son état dans la nature, de son exploitation, de sa metallurgie et de son emploi dans les arts, Paris 1857; Rivot, Métallurgie du plomb et de l'argent, Paris 1860; Lamborn, Rudimentary treatise on the metallurgy of silver and lead, London 1861; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, 1863, Bd. II p. 1—291; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chemischen Metallurgie, Berlin 1865 p. 216—251; F. Stohmann, Handbuch der technischen Chemie, 2. Aufl., Braunschweig 1865 p. 853—970; C. F. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Freiberg 1863; Bd. II p. 44—139; F. Reich, Beiträge zur Geschichte des Bleies, Journ. f. pract. Chemie LXXVIII p. 328; Wagner's Jahresbericht 1860 p. 158.

2) Odyss. II. IX. V. 236: „Wie Blei verbog sich die Spitze der Lanze;" Odyss. II. XXIV. V. 80: „Einer Bleikugel gleich versank in der Tiefe die Iris."

werden, und führt ausdrücklich an, dass zum Löthen der Bleiröhren eine Legirung von 2 Th. Blei und 1 Th. Zinn diene.

Die Anwendung des Bleies, sowohl für sich als legirt, als Oxyd und in Gestalt von Bleisalzen ist allgemein und ausgedehnt. Es dient auf den Hütten zum Ausbringen anderer Metalle, namentlich des Silbers und Goldes. Man benutzt es in Gestalt von Pfannen und Blech zur Anfertigung von Pfannen für Alaun, Vitriol und Schwefelsäure, so wie zur Herstellung von Bleikammern für die Fabrikation von Schwefelsäure. Man fertigt daraus Wasserleitungs- und Gasröhren, Kugeln, Schrot und verwendet es in grosser Menge zur Herstellung von Legirungen (Letternmetall, Schnellloth) und Bleifarben (Bleiweiss, Mennige, Chromgelb etc.).

Eigenschaften des Bleies.

84. Das Blei zeigt eine eigenthümlich lichtgraue Farbe, welche nach diesem Metalle bleigrau genannt worden ist. Es ist wenig geneigt, krystallinisches Gefüge anzunehmen und zeigt auf der Bruchfläche ein gleichartiges geschmolzenes Ansehen. Das Blei zeichnet sich durch Weichheit und Biegsamkeit aus, daher es einen ziemlich hohen Grad von Dehnbarkeit, aber nur geringe absolute Festigkeit besitzt. Frisch geschabt oder geschnitten zeigt es einen starken Glanz, der aber an der Luft sich bald verliert. An den Händen, auf Papier und auf leinenen Zeugen färbt es stark ab. Die Härte wird durch Bearbeitung nicht merklich erhöht. Sein specifisches Gewicht = 11,370 (bei 0°). Durch Pressen und Walzen nimmt das specifische Gewicht, wiewohl nur in geringem Grade zu. Ein preussischer Kubikfuss Blei wiegt 700 Pfund. Das aus den Erzen dargestellte Blei ist fast immer mehr oder weniger mit anderen Metallen verunreinigt. Gewöhnliche Verunreinigungen sind Kupfer und Antimon, selten kleine Quantitäten von Arsenik und Zink, noch seltener Eisen. Eine andere, häufige Verunreinigung des Bleies ist die mit Bleioxyd, von dem geringe Mengen dem Metalle mechanisch beigemengt sind. Durch diese Beimengung vermindert sich die Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit beträchtlich, dagegen widersteht ein so verunreinigtes Blei stärker der Kraft, mit der es zusammengedrückt wird. Wenn demnach das Blei zum Tragen von Lasten Verwendung finden soll, ist die Verunreinigung mit Oxyd vortheilhaft. Kommt dagegen die Dehnbarkeit in Betracht, wie bei der Herstellung von Bleiblech, so ist beim Verschmelzen die Bildung des Oxydes zu verhüten. Das Blei gehört zu den leichtflüssigen Metallen, es schmilzt schon bei 322,2° (nach Crighton; bei 334° nach Kupfer); es erstarrt ruhig und mit eingesenkter Oberfläche. Bis fast zum Schmelzpunkt erhitzt, wird es spröde und bricht durch starkes Hämmern in Stücke. Bei starker Weissglühhitze geräth es bei Abschluss der Luft in eine kochende Bewegung und verdampft. Das Blei lässt sich nur schwierig feilen, indem

die Feilspäne ihrer Weichheit wegen die Vertiefungen der Feile verstopfen. Salpetersäure löst unter allen Säuren das Blei am leichtesten auf, alle übrigen Säuren greifen es selbst beim Erwärmen nur wenig an, doch haben selbst schwache Säuren wie Essigsäure, besonders bei gleichzeitigem Zutritt der Luft eine auflösende Kraft für das Blei, deshalb der Nachtheil von Bleigefässen (und mangelhaft geschmolzener Bleiglasur auf Thongeschirren) zur Zubereitung und Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, der Bleifolie zum Verpacken des Schnupftabaks etc.

Bleierze.

85. Das wichtigste Bleierz ist der Bleiglanz (plomb sulfuré, galène, *lead-glance*, *galena*), PbS (86,57 Th. Blei und 13,43 Th. Schwefel, gewöhnlich etwas Silber — 0,01 — 0,03 Proc. — enthaltend). Je grobblättriger der Bleiglanz ist, desto silberärmer pflegt er zu sein. Auf Lagern geht der Bleiglanz nicht selten innige Gemenge mit verschiedenen Erzen, namentlich mit Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende, oder auch mit anderen Mineralkörpern wie Schwerspath, Quarz etc. ein. Er findet sich in den verschiedensten Gebirgsformationen, im Granit, im krystallinischen Schiefergebirge, im Uebergangs- und Flötzgebirge, und findet sich eingewachsen und eingesprengt im Gebirgsstein, so z. B. im Sandstein der Eifel als Sand- oder Knotenerz (plomb sableux). Ausser zur Bleigewinnung dient er auch feingemahlen (als Glasurerz oder Alquifoux) zum Glasiren des Töpferzeuges, zur Herstellung des Pattinson'schen Bleiweisses, auch wol als Streusand und zur Verzierung von Bijouteriearbeiten.

Mit dem Bleiglanz gemeinschaftlich werden noch in einigen Fällen verhüttet das Weissbleierz (Bleispath, Cerussit, kohlensaures Bleioxyd, plomb carbonaté, *white lead ore*), PbO, CO_2, mit 77,5 Proc. Blei, das Grünbleierz (Pyromorphit, 3 [3 PbO, PO_5], Pb Cl, Pb Fl, phosphate de plomb, *phosphate of lead*) mit 69—76 Proc. Blei und der Bleivitriol (Vitriolbleierz, Anglesit, PbO, SO_3, sulfate de plomb, *sulfate of lead*) mit 68,3 Proc. Blei. Der aus 41,77 Th. Blei, 12,76 Th. Kupfer, 26,01 Th. Antimon und 19,46 Th. Schwefel bestehende Bournonit (Spiessglanzbleierz) (nach der Formel $3\,Cu_2S, SbS_3 + 2\,[3\,PbS, SbS_3]$ zusammengesetzt) wird auf Kupfer und Blei verarbeitet.

Gewinnung des Bleies.

86. Die Gewinnung des Bleies, in den meisten Fällen mit der Gewinnung des Silbers oder des Silbers und Kupfers verbunden, ist von der Verschiedenheit der Erze abhängig, die man eben so wie die Kupfererze in geschwefelte (Bleiglanz) und oxydirte (Weissbleierz) eintheilt.

Alle Methoden, das Blei zu gewinnen, lassen sich unter folgende Abtheilungen bringen:

A. Aus dem Bleiglanz.

a) in Flammenöfen:

α) Es wird der Schwefel zum Theil durch Rösten entfernt; das durch das Rösten entstandene Bleioxyd und schwefelsaure Bleioxyd wirken auf noch unzersetzten Bleiglanz ein ($2 PbO + PbS = 3 Pb + SO_2$; $PbO, SO_3 + PbS = 2 Pb + 2 SO_2$).

β) Es wird der Schwefel durch Eisen entfernt (französische Niederschlagsarbeit). Man erhält Blei und Bleistein, welcher hauptsächlich aus Schwefeleisen mit wenig Blei (1—1,5 Proc.) besteht.

b) in Schachtöfen:

α) Niederschlagsarbeit, wobei der Schwefel durch metallisches Eisen ($PbS + Fe = FeS + Pb$), Eisenerze, Eisenfrischschlacken etc. entfernt wird.

β) Röstarbeit oder ordinäre Bleiarbeit. Es wird der Schwefel durch Rösten in freien Haufen entfernt und das Blei durch reducirendes Schmelzen des Röstgutes abgeschieden.

γ) Vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit, wobei die Erze in Rösthäusern oder Flammenöfen geröstet und dann mit Roheisen oder Eisenfrischschlacken verschmolzen werden.

c) in Herdöfen:

Hierbei findet das Rösten des Bleiglanzes und die nachherige Einwirkung des oxydirten Bleies auf den Bleiglanz in Herdöfen, oder auch nur die letztere in Herdöfen, ersteres in Flammenöfen statt.

B. Aus oxydirten Erzen und Hüttenproducten.

Die oxydirten Erze (Weissbleierz und Bleivitriol) werden theils in Schachtöfen (wie z. B. zu Münsterbusch bei Aachen), theils in Flammenöfen (z. B. zu Poullaouen) zugutegemacht. Aehnlich verfährt man mit den oxydirten Hüttenproducten (Glätte, Abzug und Abstrich, bleiischer Herd, Bleischlacken).

Die hauptsächlichsten Bleibergwerke sind 1) der Harz und besonders die oberharzer Bleibergwerke; 2) in Oesterreich Bleiberg bei Villach und Raibl in Kärnthen, Przibram, Mies, Bleistadt in Böhmen etc.; 3) in Preussen Friedrichshütte bei Tarnowitz in Oberschlesien, Stolberg, Cornelymünster bei Aachen, Commern am Bleiberge im Regierungsbezirk Cöln, die Hütte zu Müsen im Kreis Siegen etc.; 4) in Nassau und Hessen an der Lahn; 5) in Sachsen im Erzgebirge, in Grossbritannien Wales, Schottland, Durham, Cumberland und Yorkshire, Derbyshire, Shropshire, Devon und Cornwall; 6) Poullaouen und Huelgoat bei Cahaix, Depart. Finisterre; 7) Villeforte und Viallaz, Depart. der Lozère; 8) bei Pezey und Macot in Savoyen; 9) die Grube von Vednin bei Namur in Belgien.

87. Die Art der Aufbereitung bei den Bleierzen ist von der Beschaffenheit der Erze und der Art ihres Vorkommens abhängig. Bei

reinen Bleierzen sucht man durch die Aufbereitung nur die Gangart möglichst abzusondern. Die durch die Arbeiten des Reinscheidens und des Siebsetzens erhaltenen Erze werden zerkleinert, wenn der Verschmelzung der Erze eine Röstarbeit vorangeht, oder wenn die Röst- und Schmelzarbeiten zu einer Operation verschmolzen sind. Die mechanische Zerkleinerung fällt hinweg, wenn der Schwefel vom Bleiglanz durch Niederschlagsarbeit (durch Eisen) abgeschieden wird. Bei der Aufbereitung der Bleierze ist ausser der Grösse des Kornes auch zu gleicher Zeit auf den später damit vorzunehmenden Schmelzprocess Rücksicht zu nehmen. Bei der Verschmelzung in Schachtöfen ist die Verunreinigung des Erzes mit Gangart weniger nachtheilig, als bei der Verarbeitung in Flammenöfen, weil die Gangart in dem letzteren Falle als ein mechanisches Hinderniss wirkt und weil sie zugleich die Verschlackung des entstehenden Bleioxydes befördert. Aus diesem Grunde müssen die in den Flammenöfen zu verschmelzenden Bleierze durch möglichst vollständige Absonderung der Gangart auf einen hohen Gehalt gebracht werden, welches bei der Verschmelzung in Schachöften weniger nothwendig ist.

A. Gewinnung des Bleies aus dem Bleiglanz.

Verschmelzung in Flammenöfen.

88. a) Die Gewinnung des Bleies durch Verschmelzen von Bleiglanz in Flammenöfen hat vor dem Schachtofenbetriebe grosse Vortheile, indem sie die Anwendung roher Brennmaterialien gestattet, die Bildung nur geringer Rückstände veranlasst, kein Gebläse und keine kostspieligen Schmelzzuschläge erfordert, und sich wegen der Entbehrlichkeit der Wasserkraft an Orten einrichten lässt, wo die Anwendung der Schachtöfen nicht wohl möglich ist. Dagegen erfordert der Flammenofenbetrieb reine und reiche Bleierze und es wird ein Bleigehalt derselben von 40 Proc. verlangt, weil sonst der Bleiverlust zu gross wird. Der Process zerfällt in zwei Hälften, in der ersten erfolgt bei nicht zu hoher Temperatur die Bildung der Oxydationsproducte, des Bleioxydes und des schwefelsauren Bleioxydes; in der zweiten wird durch verstärkte Hitze die Wirkung derselben auf den noch unzersetzten Bleiglanz herbeigeführt und metallisches Blei erhalten. Es lassen sich dem Wesentlichen nach zwei verschiedene Methoden unterscheiden, welche bei der Verschmelzung der Bleierze in Flammenöfen in Anwendung kommen. Die Flammenöfen sind entweder mit geneigtem Herde versehen, von welchem das reducirte Blei in dem Augenblicke, in dem es sich bildet, abfliesst und mit dem auf dem Herde zurückbleibenden noch nicht reducirten Erze nicht weiter in Berührung kommt (Kärnthner Verfahren). Oder es sammelt sich das reducirte Blei auf der Sohle des vertieften Herdes an, wird von dem noch unzersetzten

Erze und Schlacken bedeckt, von Zeit zu Zeit durch eine Stichöffnung abgelassen und in ein mit der Stichöffnung in Verbindung stehendes Bassin geleitet (englisches und französisches Verfahren). In beiden Fällen bringt man eine bestimmte Menge Erz mit einem Male auf den Schmelzherd und erneuert den Einsatz erst dann wieder, wenn das erste Erzquantum vollständig zu Blei reducirt worden ist.

Kärnthner Verfahren.

89. Das zu Bleiberg und Raibl in Kärnthen angewendete Verfahren gründet sich darauf, dass beim Rösten des Bleiglanzes zu einem gewissen Zeitpunkt der Operation in dem Röstgute auf ein Aequivalent schwefelsaures Bleioxyd noch ein Aequivalent unzersetzter Bleiglanz vorhanden ist, die durch gegenseitige Einwirkung schweflige Säure und metallisches Blei bilden:

Schwefelsaures Bleioxyd PbO, SO_3 und Bleiglanz PbS } geben { 2 Aequiv. Blei $2 Pb$ und 2 Aeq. schweflige Säure $2 SO_2$.

Ein Theil des Bleiglanzes wird ferner während des Röstens in Bleisubsulfuret $Pb_2 S$ verwandelt, welches mit dem schwefelsauren Bleioxyd gleichfalls metallisches Blei giebt:

Bleisubsulfuret $Pb_2 S$ und schwefelsaur. Bleioxyd PbO, SO_3 } geben { 3 Aeq. Blei $3 Pb$ und 2 Aeq. schweflige Säure $2 SO_2$.

Man trägt in den dunkelrothglühenden Ofen (Fig. 22 und 23) den Einsatz (die Einfahrt, Schmelzpost), aus etwa 4 Ctr. Erz bestehend,

Fig. 22.

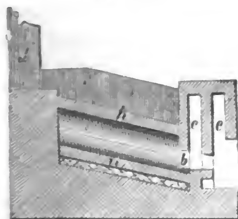
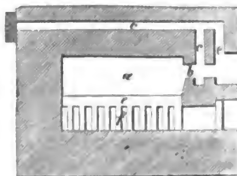


Fig. 23.



durch das Mundloch *b* auf den Herd *a* ein, breitet das Erz gleichmässig aus und röstet, während die Erze von Zeit zu Zeit mit einer eisernen Krücke umgerührt werden, 6—7 Stunden lang. Man nennt diese Periode die des Bleirührens. Das Aussaigern der Bleitropfen (Jungfernblei) beginnt von der dritten Stunde an ununterbrochen und zwar am häufigsten beim Umrühren der Erzmasse. Das ausgesaigerte Blei fliesst durch die Arbeitsöffnung in warm gehaltene Formen. Sobald keine Bleitropfen sich mehr zeigen, ist die erste Periode, die Schmelz-

oder Röstperiode als beendigt anzusehen. Auf der Sohle des Herdes findet sich ein Gemenge von einem Aequivalent Bleiglanz und drei Aequivalenten schwefelsaurem Bleioxyd, durch deren Reaction aufeinander sich nicht mehr metallisches Blei, sondern Bleioxyd bildet ($PbS + 3\,PbO, SO_3 = 4\,PbO + 4\,SO_2$). Darauf muss die Hitze in dem Ofen verstärkt, aber auch zugleich ein Reductionsmittel für das Bleioxyd und das schwefelsaure Bleioxyd angewendet werden. Zu dem Ende werden die glühenden Kohlen aus dem Feuerungsraum *f* auf den Herd gebracht und es wird frisches Holz nachgefeuert. Die Schliche werden auf den hintersten Theil des Ofens zusammengebracht, mit den glühenden Kohlen bedeckt und stark erhitzt. Nach etwa einer halben Stunde wird zum Durchrühren geschritten und damit fortgefahren, bis nur wenig Bleitropfen wahrzunehmen sind. Darauf bringt man die Schliche wieder zusammen, bedeckt sie mit Kohlen, erhitzt fast bis zum Weissglühen. worauf dann wiederholt umgerührt wird. Diese Operation wird das Bleipressen genannt und wird fortgesetzt, so lange als die Masse noch Blei (Pressblei) giebt. Den Bleiverlust bei der ganzen Arbeit rechnet man in Bleiberg durchschnittlich zu 4 Proc. gegen den probemässigen Gehalt der Erze. Das zu Bleiberg, Kreuth und Raibl gewonnene Blei ist besonders rein und geht in abgestutzten vierseitigen Pyramiden, die 6 Zoll hoch, auf den beiden entgegengesetzten Seiten 9—10 Zoll, auf den längeren aber 22—24 Zoll lang sind, und, wie die aufgeschlagenen römischen Zahlen zeigen, 200—250 Pfund wiegen. unter dem Namen Villacher Blei in den Handel.

Englisches Verfahren.

90. Wenn man Bleiglanz bei starker Hitze kurze Zeit röstet, so entsteht nur wenig schwefelsaures Bleioxyd im Verhältniss zum unzersetzten Bleiglanz. Wird das so erhaltene Röstgut stark erhitzt, so entsteht neben kleinen Quantitäten von metallischem Blei wesentlich Bleisubsulfuret Pb_2S:

2 Aeq. Bleiglanz $2\,PbS$ und 1 Aeq. schwefels. Bleioxyd PbO, SO_3 geben 1 Aeq. Bleisubsulfuret Pb_2S, 1 Aeq. Blei Pb, 2 Aeq. schweflige Säure $2\,SO_2$.

Das Bleisubsulfuret enthält in 100 Th. 92,8 Th. Blei und 7,2 Th. Schwefel, ist ungleich leichtflüssiger und weniger flüchtig als der Bleiglanz, obgleich noch strengflüssiger und weniger feuerbeständig als das Blei. Dieses Sulfuret ist, so lange es sich im geschmolzenen Zustande befindet, vollkommen gleichartig und bleibt es auch beim schnellen Erkalten. Wird es aber nur so stark erhitzt, dass es sich in einem teigartig erweichten und nicht in einem flüssigen Zustande befindet, so zersetzt es sich in metallisches Blei und in Schwefelblei ($Pb_2S = PbS + Pb$), welches in seiner Zusammensetzung fast ganz mit der des Blei-

glanzes übereinstimmt. Auf diesen Process, **Röstsaigerprocess** genannt, mit welchem die Anwendung von **Flammenöfen mit vertieftem Herde** verbunden ist, gründet sich das englische Verfahren der Bleigewinnung.

91. Die gewöhnliche Einrichtung der Flammenöfen zum Verschmelzen der Bleierze in Flintshire geht aus den Zeichnungen Fig. 24 und 25 hervor. Auf jeder Seite des Ofens befinden sich drei Arbeitsthüren *h*. Unter der mittleren Oeffnung der einen Seite (Abstichseite) befindet sich die Abstichöffnung, gegen welche sich der Herd von allen Seiten etwas neigt. Vor ihr liegt der Stichherd *s*. Die zu verhüttenden Erze werden durch eine verschliessbare, trichterförmige Oeffnung auf den Herd des Ofens gebracht. Gewöhnlich werden jedesmal 16 bis 20 Centner Bleischliche eingetragen und in einer Zeit von 6—7 Stunden verarbeitet. Der Aufwand an Steinkohlen beträgt, dem Gewichte nach, ungefähr die Hälfte des Gewichtes der Erze. Das Erz wird gleichmässig über den Herd ausgebreitet. Hierauf verschliesst man die Thüren des Ofens, damit dieser allmälig sich erwärme. Nach zwei Stunden öffnet man wieder, bis der den Ofen erfüllende Rauch verschwunden ist. Dann schliesst man aufs Neue und giebt ein starkes Feuer. Später werden die Thüren zum zweiten Male geöffnet und das Erz abwechselnd durch die eine und die andere Seitenöffnung des Ofens umgerührt. Die Masse wird nun teigig und das Blei rinnt von allen Seiten ab. Man setzt die Arbeit des Umrührens etwa eine Stunde lang fort und dann fängt die Masse an, in einen fast flüssigen Zustand überzugehen. Diese Neigung zum Flüssigwerden befördert man durch Zu-

Fig. 24.

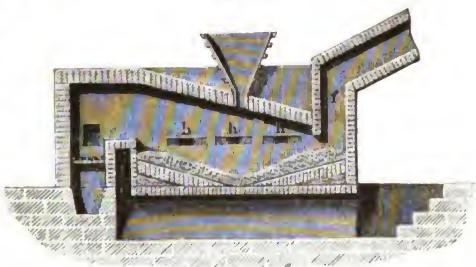


Fig. 25.



sätze von Flussspath, welche man mit der schmelzenden Masse zusammenrührt, dann die Thüren verschliesst und zum dritten Mal ein starkes Feuer giebt. Sobald sie vollkommen dünnflüssig ist, lässt man die oberste Schlacke abfliessen. Man bringt diese Schlacke durch Begiessen mit Wasser zum Erstarren. Man nennt sie weisse Schlacke (*white slag*) oder Macaronischlacke; sie ist von weisser oder lichtgrauer Farbe, hat ein emailleähnliches Aussehen und enthält oft bis zu 22 Proc. schwefelsaures Bleioxyd. Durch die mittlere Thür wird dann Steinkohlenklein geworfen, um die auf dem Metalle zurückgebliebene zähflüssige und noch reichhaltige Schlacke zum Erstarren zu bringen. Zuletzt wird die Stichöffnung aufgemacht und das Blei in den Stichtiegel abgestochen.

Die englischen Bleierze sind mehr oder weniger silberhaltig; das auf ihnen gewonnene Silber wird nach dem Verfahren von Pattinson (s. Silber) entsilbert.

Französisches Verfahren.

92. Wird Bleiglanz bei anhaltender und nach und nach gesteigerter Rösthitze geröstet, so geht derselbe zum grössten Theil in schwefelsaures Bleioxyd über. Unterbricht man das Rösten in dem Zeitpunkte, wo neben vorherrschendem schwefelsaurem Bleioxyd noch unzersetzter Bleiglanz vorhanden ist, und erhöht die Temperatur, jedoch nicht bis zum Schmelzen des Röstgutes, so bildet sich unter Entweichen von schwefliger Säure Bleioxyd, welches durch die Kohle reducirt wird:

1) 3 Aeq. schwefels. Bleiox. $3\,PbO, SO_3$ und 1 Aeq. Bleiglanz PbS geben 4 Aeq. Bleioxyd $4\,PbO$ und 4 Aeq. schweflige Säure $4\,SO_2$.

2) 4 Aeq. Bleioxyd und 4 Aeq. Kohle geben 4 Aeq. Blei und 4 Aeq. Kohlenoxydgas.

Das unzersetzt gebliebene schwefelsaure Bleioxyd wird nun durch Behandeln mit Kohle unter Entwicklung von Kohlensäure zu Schwefelblei reducirt ($PbO, SO_3 + 2\,C = 2\,CO_2 + PbS$); bei überschüssigem schwefelsaurem Bleioxyd wird nur die Hälfte desselben in Schwefelblei übergeführt ($2\,PbO, SO_3 + 2\,C = PbO, SO_3, + PbS + 2\,CO_2$). Bei hoher Temperatur setzen sich, wie bei dem Kärnthner Schmelzprocess, Schwefelblei und schwefelsaures Bleioxyd zu schwefliger Säure und metallischem Blei um. Ist das Verhältniss des vorhandenen schwefelsauren Bleioxydes und der Kohle wie 4 Aeq. zu 2 Aeq., so entsteht zuerst bei niedriger Temperatur 1 Aeq. Schwefelblei:

4 Aeq. schwefels. Bleiox. $4\,PbO, SO_3$ und 2 Aeq. Kohle $2\,C$ geben 3 Aeq. schwefels. Bleiox. $3\,PbO, SO_3$, 1 Aeq. Schwefelblei PbS und 2 Aeq. Kohlensäure $2\,CO_2$,

welches mit den 3 Aeq. schwefelsaurem Bleioxyd in Wechselwirkung tritt:

1 Aeq. Schwefelblei PbS	} geben {	4 Aeq. Bleioxyd 4 PbO
3 Aeq. schwefels. Bleioxyd 3 PbO, SO_3		4 Aeq. schweflige Säure 4 SO_2.

Zu Poullaouen in der Bretagne wird eine Beschickung von Erzen mit durchschnittlich 65 Proc. Blei und 10 Loth Silber im metrischen Centner, in welchem Schwefelkies, Zinkblende und Quarz enthalten sind, verschmolzen. Der erste Schmelzposten von 500 Kilogr., welcher in den Ofen eingetragen wird, dient dazu, den Herd mit Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd zu tränken. Nach etwa 24 Stunden wird das vom Herd nicht Absorbirte aus dem Ofen entfernt, und die Ladungen, welche immer mehr Blei geben, werden soweit verstärkt, dass mit dem neunten Posten der Ofen seine volle Ladung 1300 Kilogr. hat. Mit dem 13. bis 15. Posten geschieht das Ausbringen von Werkblei regelmässig und der Ofen kommt in den erforderlichen Gang. Nach dem Eintragen des Erzes erhitzt man, bis sich auf der Oberfläche des Röstgutes eine Rinde von schwefelsaurem Bleioxyd gebildet hat, wodurch der Anfang der Röstung angezeigt wird. Nachdem die Rinde mit dem Röstgute gemischt worden ist, fängt das letztere an, sich zu Klumpen zu vereinigen, wobei einzelne Tropfen von Werkblei sich zeigen. Das Röstgut wird erforderlichen Falles mit Kohlenklein steifer gemacht und zur Reduction des durch Reaction von schwefelsaurem Bleioxyd auf Bleiglanz entstandenen Bleioxydes mit Holz gemengt, bis sich nach 4 bis 5 Stunden, vom Anfang der Bildung des Werkbleies an gerechnet, der Sumpf mit Blei gefüllt hat. Darauf wird die Temperatur gesteigert und das Umrühren des Röstgutes und das Vermengen mit Holz fortgesetzt, nach $1^1/_2$ Stunden zum zweiten Male und nach abermals $1^1/_2$ Stunden zum dritten Male das Werkblei abgestochen. Sobald das Bleiausbringen, nach etwa 16 Stunden, so geringe wird, dass der Werth desselben mit den Kosten der Feuerung und des Arbeitslohnes nicht mehr im Verhältniss steht, hört man mit der Feuerung auf, entfernt die sämmtlichen auf dem Herde befindlichen Rückstände, die, bei einem Bleigehalte von 20—30 Proc., in einem niedrigen Schachtofen verschmolzen werden.

93. Zu Pesey in Savoyen bedient man sich eines ähnlich construirten Flammenofens wie zu Poullaouen, das Arbeitsverfahren ist aber ein etwas anderes. Der Herd des Ofens hat grössere Dimensionen und ist durch eine verticale Scheidewand in zwei durch eine Oeffnung miteinander in Verbindung stehende Räume getheilt. Während in der vorderen, der Feuerbrücke zunächst liegenden Abtheilung reducirt wird, röstet man in der hinteren und erzielt dadurch grössere Ausbeute an Blei bei geringerem Verbrauch an Brennmaterial. Das erfolgende Blei enthält noch viel Schwefelblei, von welchem es befreit werden muss. Das Reinigen des Bleies, das auch zu Poullaouen vorgenommen werden muss, wird auf folgende Weise ausgeführt. Man wirft in das heisse Blei Hobel- und Sägespähne und darauf etwas Pech; man rührt mit

einem Löffel um, wodurch ein dicker Rauch sich bildet. Kurz darauf zündet man die Holzspähne an und rührt hastig um, damit die kohlige brennende Masse mit dem Blei und dem Schwefelblei in Berührung komme. Sobald die Flamme auszulöschen droht, wirft man frisches Pech darauf und fährt auf diese Weise 15—20 Minuten fort.

Französische Niederschlagsarbeit.

94. Bei der französischen Niederschlagsarbeit in Flammenöfen — zu Viennes im Departement Poitou üblich — befördert man die Zerlegung der gerösteten Erze durch einen Zusatz von metallischem Eisen. Sie erlaubt die Verhüttung solcher Erze, welche durch den englischen und gewöhnlichen französischen Flammenofenprocess in Folge ihres grossen Gehaltes an Erden und fremden Schwefelmetallen nicht mit Vortheil verarbeitet werden können. Man schüttet auf die Herdsohle eines Flammenofens mit Steinkohlenfeuerung 20 Centner Erz und fügt, nachdem einige Stunden gefeuert worden und die Masse gehörig geschmolzen ist, 5—6 Centner altes Eisen hinzu. Die Masse wird behufs der Bildung von Schwefeleisen umgerührt; letzteres verbindet sich mit einem Theil unzersetzten Schwefelbleies zu einem Stein, welcher auf der Oberfläche der flüssigen Masse schwimmt, während das Blei in den Sumpf fliesst. Eine Schmelzung liefert 8—10 Centner Blei und ausserdem einen Stein, welcher Schwefeleisen enthält und beseitigt wird.

Verschmelzung des Bleiglanzes in Schachtöfen.

95. b) Solche Bleierze, welche in Folge eines zu grossen Gehaltes an fremden Beimischungen in den Flammenöfen nicht verhüttet werden können, behandelt man in Schachtöfen mittelst

a) der Niederschlagsarbeit (vergl. 91);
b) der Röstarbeit oder ordinären Bleiarbeit;
c) der vereinigten Röst- und Niederschlagsarbeit.

Niederschlagsarbeit.

α) Die Niederschlagsarbeit (methode de précipitation) gründet sich auf die Eigenschaft des Bleiglanzes, durch Metalle, namentlich durch Eisen leicht zerlegt zu werden, indem Schwefeleisen und metallisches Blei sich bilden. Sie erfordert keine Röstung des Erzes, sondern man verschmelzt dasselbe sofort nach der Aufbereitung unter Zusatz von Eisen, Eisenerzen, Frischschlacken in Schachtöfen:

Bleiglanz PbS Eisen Fe	geben	Blei Pb Schwefeleisen FeS.

Oxydirte Eisenerze und Frischschlacken wirken auch noch durch ihren Sauerstoff entschwefelnd. Die Niederschlagsarbeit hat den Vortheil vor der Röstarbeit, dass sie, da das Rösten wegfällt, einfacher ist; auf der anderen Seite ist sie aber auch kostbarer, da das Eisen in den Schlacken verloren geht und der sich bildende Stein nicht unbedeutende Mengen von Blei zurückhält, durch deren Gewinnung die Operation verwickelt wird. Der Theorie nach soll der Stein allerdings nur aus Schwefeleisen bestehen; letzteres hat jedoch grosse Neigung, Sulfosalze zu bilden, und nimmt deshalb stets Schwefelblei, sowie andere im Bleierz enthaltene Schwefelmetalle wie Schwefelkupfer und Schwefelsilber auf. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass diejenige Menge Eisen in der Niederschlagsarbeit die zweckmässigste, d. i. die ist, bei welcher man das Maximum oder das dreifache Gewicht an Blei erhält, wenn Blei (Werkblei) und Stein in dem Verhältniss von 5 : 4 stehen. Eine grössere oder kleinere Menge Eisen ist gleich unvortheilhaft.

Fig. 26, 27 und 28 zeigen die wesentliche Einrichtung eines Bleischmelzofens (Sumpfofen). *B* ist der Ofenschacht, *C D* der Herd und Tiegel des Ofens und, wie die Zeichnung zeigt, zum Theil ausserhalb des Ofens. Von *D* kann durch einen Canal das flüssige Metall in den Stichtiegel abgelassen werden. Die aus dem Schachte entweichenden bleiischen Dämpfe und der Staub gehen, ehe sie in die Esse *F* gelangen, durch Kammern (Fluggestübbekammern), in welchen sich die durch das Gebläse *O* fortgerissenen Erztheilchen absetzen. Die gattirten Erze (Bleiglanz mit Bleischlacken) mit Eisengranalien vermischt, werden in abwechselnden Schichten mit Kohle in den Ofen eingetragen und von dem Gebläse *O* niedergeschmolzen. Dabei entstehen gasförmige Producte, welche nach der Gicht aufsteigen, und Producte des glühenden Flusses. Die flüssigen Producte sammeln sich in der Vertiefung *D* (in der Sohle des Schachtes), dem sogenannten Sumpfe an. Der Sumpf springt über die während des Schmelzens geschlossene Oeffnung der Vorderwand — Brust — des Ofens vor und ist in einer Fassung von Eisenplatten

Fig. 26.



Fig. 27.

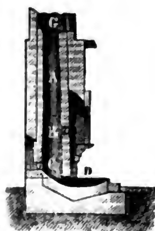
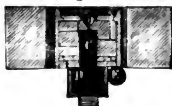


Fig. 28.



aus Gestübbe (Kohlenstaub mit Lehm) festgestampft. Was sich in dem Sumpfe sammelt, ist (von unten nach oben gerechnet) metallisches Blei, Bleistein und Schacken. Letztere lässt man in dem Maasse, als sie sich bilden, aus dem Sumpfe über eine geneigte Fläche abfliessen, bis der Sumpf mit den beiden übrigen Producten angefüllt ist. Der Stein wird während des Erstarrens in Scheiben abgehoben, die für sich geröstet und verschmolzen werden; das darunter befindliche Werkblei kommt, wenn es silberhaltig ist, zum Pattinsoniren (s. Silber). Das in den Fluggestübbekammern befindliche bleihaltige Fluggestübbe wird von Zeit zu Zeit aus den Kammern entfernt und beim nächsten Schmelzen wieder zugesetzt.

Die Gewinnung des Bleies vermittelst der Niederschlagsarbeit findet stets auf dem Oberharz (Clausthal, Altenau, Lauterthal, Andreasberg), zu Sala in Schweden, bei Commern in der Eifel, zu Holzappel an der Lahn, auf der Friedrichshütte zu Tarnowitz in Oberschlesien etc. statt.

Röstarbeit oder ordinäre Bleiarbeit.

96. *β*) Bei dieser Art der Bleigewinnung, welche gewöhnlich bei armen Bleierzen, welche grosse Mengen von Zinkblende, Kupferkies, Schwefelkies u. s. w. enthalten, angewendet wird, entfernt man den Schwefel durch Röstung in freien Haufen und scheidet das Blei durch reducirende Schmelzung des Röstgutes ohne eisenhaltige Zuschläge ab. Das bei dieser Röstarbeit erfolgende Werkblei ist in der Regel unreiner und spröder als das bei der Niederschlagsarbeit erhaltene; es enthält Antimon, Arsenik, Kupfer, Silber, Schwefelblei und wird behufs der Gewinnung des darin enthaltenen Silbers dem Abtreiben oder dem Pattinsoniren unterworfen. Der fallende Bleistein wird auf ähnliche Weise, wie bei der Niederschlagsarbeit angegeben, zu gute gemacht. (Unterharz, Villefort, Fahlun in Schweden.)

Vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit.

97. *γ*) Der vereinigten Röst- und Niederschlagsarbeit werden solche Bleierze unterworfen, welche in Folge der Beimengung grosser Mengen fremder Schwefelmetalle sich für die reine Niederschlagsarbeit nicht eignen. Zu Przibram in Böhmen verhüttet man einen silberhaltigen Bleiglanz, welcher vorherrschend Zinkblende, Rothgültigerz, Sprödglaserz, Fahlerz, Spatheisenstein etc. enthält. Das Rösten der Erze geschieht entweder in Haufen oder vortheilhafter in Flammenöfen. Das Röstgut wird mit Roheisen oder Eisenfrischschlacken in Schmelzöfen auf Werkblei und Stein verschmolzen.

Verschmelzung des Bleiglanzes in Herdöfen.

98. c) Die Bleigewinnung in Herdöfen erfordert einen reinen Bleiglanz; sie hat vor dem Flammenofenbetriebe den Vorzug schnellerer Arbeit, geringeren Brennstoffverbrauches und einer reineren Bleiausbeute. Es sind nur geringe Anlagen erforderlich und die Operation kann beliebig unterbrochen werden. Der Verlust an Blei ist dagegen etwas bedeutender als bei dem Flammenofenbetriebe. Die Bleigewinnung in schottischen Herden ist in Northumberland, Cumberland und Durham allgemein gebräuchlich. Die Schmelzmethode in diesen schottischen Oefen stimmt in den Principien fast gänzlich mit dem Schmelzverfahren in Flammenöfen überein. Die unvollständig gerösteten Erze, welche in den schottischen Oefen verarbeitet werden, enthalten Bleiglanz, schwefelsaures Bleioxyd und etwas Bleioxyd. Sie befinden sich durchaus in dem Zustande, in welchem die Bleierze in den englischen Flammenöfen verarbeitet werden und der eigentliche Unterschied in der weiteren Behandlung ist nur der, dass die zur Bildung des Bleisubsulfuretes ($Pb_2 S$) und zur Aussaigerung des Bleies aus dieser Verbindung erforderliche Temperatur in den Flammenöfen durch die Flammen der Steinkohlen, dagegen in den schottischen Herden durch das langsame Verbrennen von Koks erzeugt wird. In den schottischen Herden hat die Luft fast von allen Seiten Zutritt, so dass, obgleich die Erze mit Kohle in Berührung sind, die Gelegenheit zur Zersetzung des aus dem Bleisubsulfurete entstandenen Schwefelbleies reichlich geboten ist. Die Temperatur darf nicht bis zum Flüssigwerden der Masse erhöht werden. Die Temperatur muss jedoch hinreichend hoch sein, damit überhaupt Bleisubsulfuret sich bilden kann, und diese Temperatur übertrifft stets die, bei welcher die genannte Verbindung in Schwefelblei und metallisches Blei zerfällt. Bei dem Flammenofenbetriebe bewirkt man die Zerlegung des Bleisubsulfuretes durch Erniedrigung der Temperatur; in den schottischen Herden wendet man ein anderes Mittel an, man nimmt die erweichte Masse mit Hülfe von Zangen aus dem Ofen, überlässt sie vor demselben auf kurze Zeit der Abkühlung und bringt sie dann wieder in den Ofen zurück. Bei einem guten Gange sollen in einer Stunde 2 Ctr. geröstetes Erz verarbeitet werden, woraus 130 Pfund Werkblei und 36 bis 40 Pfund Rückstände erfolgen, welche noch etwa 20 Proc. Blei geben, so dass aus dem Erz überhaupt ungefähr 69 Proc. Blei gewonnen werden.

Eine Abänderung des schottischen Herdes ist der zu Rosie im Staate New-York, zu Bleiberg in Kärnthen etc. gebräuchliche nordamerikanische Herd. Die Arbeit darin weicht nach Kerl von der schottischen Methode darin ab, dass der rohe reine Bleiglanz direct in dem Ofen bei Holzfeuer unter Anwendung von erhitzter Gebläseluft verhüttet wird. Oberhalb der Form verwandelt sich der Bleiglanz unter Ent-

wickelung von schwefliger Säure in Bleisubsulfuret und schwefelsaures Bleioxyd, welche vor der Form metallisches Blei geben.

B. Gewinnung des Bleies aus oxydirten Erzen und Hüttenproducten.

99. Nur das kohlensaure Bleioxyd kommt als Weissbleierz (Cerussit) unter den oxydirten Bleierzen in genügender Quantität vor, um auf Blei verarbeitet werden zu können. Man reducirt es in Flammenöfen; man mischt zu diesem Zwecke das Erz mit Koksstückchen und bedeckt es mit alten Schlacken. Durch einen hohen Schornstein erreicht man schnell die erforderliche Temperatur, bei welcher die Reduction erfolgt. Das in der Eifel sich findende kohlensaure Bleioxyd wird mit Kalkstein und Frischschlacken vermengt, in Krummöfen verschmolzen.

100. Zugutemachen von Hüttenproducten, welche das Blei im oxydirten Zustande enthalten. Aus den Producten der Treibarbeit (siehe Silber): Bleiglätte, Abzug und Abstrich, erhält man durch das Glättfrischen das Frischblei (Weichblei, Glättblei, plomb raffiné, plomb doux, *refined lead*), aus dem Abstrich ein unreines, antimonhaltiges Blei, das Hart- oder Abstrichblei (plomb aigre, plomb d'écume), welches zur Schrotgiesserei und zur Herstellung der Buchdruckerlettern Anwendung findet. Unter Werkblei (plomb d'oeuvre, *raw lead, workable lead*) versteht man das durch Röst- oder Niederschlagsarbeit gewonnene Blei, welches so viel Silber enthält, dass dessen Gewinnung durch den Treibprocess oder durch das Pattinsoniren lohnt.

Das Zinn [1]).

101. Das Zinn (étain, *tin*) scheint seit den ältesten Zeiten bekannt zu sein. Homer nennt es wegen seiner Biegsamkeit *ὀκασσίτεσος ἑανος*. Aristoteles, der 322 v. Chr. starb, redet von den Zinngruben in Cornubia, dem heutigen Cornwall. Plinius kennt das Zinn, welches er *Stannum* nennt, sehr gut und selbst die Verzinnung der kupfernen Gefässe ist ihm nicht unbekannt. Trotzdem hält er das *κασσίτεσος* der Griechen für eine Art Blei und nennt es *Plumbum candidum*, zum Unterschiede von dem eigentlichen Blei, *Plumbum nigrum*. Die Zinninseln (Kassiteriden) der Griechen — wahrscheinlich Britannien —, von wo aus die Phönicier das Zinn geholt hätten, hält

1) Literatur: Karsten, Metallurgie Bd. I p. 521; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 739—781; C. F. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 24—44; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865 p. 442—446.

er für eine Fabel. Dass übrigens auch sein *Plumbum album* Zinn sei, ist ausser allem Zweifel, denn er spricht im 16. Cap. seiner *Historia naturalis* ganz deutlich von den Zinnseifen Lusitaniens und Galliciens. Was Plinius mit *Stannum* bezeichnet, ist jedoch nicht Zinn gewesen, erst im vierten Jahrhundert nach Chr. kommt *Stannum* als Bezeichnung für Zinn vor.

Eigenschaften des Zinnes.

102. Das Zinn besitzt eine silberweisse Farbe mit einem geringen Stiche ins Bläuliche, verbunden mit dem vollkommensten Metallglanze, welcher dem Glanze des Silbers sehr nahe kommt. Nächst dem Blei ist das Zinn das weichste der Metalle, doch besitzt es schon so viel Härte, dass eine frei schwebende Zinnstange beim Anschlagen einen Klang hören lässt. Reines Zinn nimmt die Eindrücke mit dem Nagel des Fingers kaum mehr an. Beim Biegen knirscht es (cri d'étain) um so stärker, je reiner es ist, was eine Folge ist der Verschiebung der Krystalle, aus welchen es besteht. Das Zinn ist ausserordentlich geschmeidig und lässt sich zu dünnen Blättern (Stanniol) ausstrecken. Die Dehnbarkeit ist geringer. Beim Reiben ertheilt das Zinn den Fingern einen eigenthümlichen und lange anhaftenden Geruch. Das specifische Gewicht des reinen Zinnes ist 7,285, das durch Hämmern und Walzen bis auf 7,29 erhöht werden kann. Das im Handel vorkommende Zinn hat wegen der darin enthaltenen Verunreinigungen gewöhnlich ein höheres specifisches Gewicht von 7,5 bis 7,6. Ein Kubikfuss Zinn kann daher je nach den vorhandenen Verunreinigungen 375 bis 400 Pfund wiegen. Bis fast auf den Schmelzpunkt erhitzt, wird das Zinn spröde und lässt sich durch kräftige Hammerschläge zertheilen. Sein Schmelzpunkt ist bei 235°. Dient das Zinn zu Gusswaaren, so hängen Glanz und Festigkeit gänzlich von der Temperatur des geschmolzenen Zinnes im Augenblicke des Ausgiessens ab; war es so stark erhitzt, dass die Oberfläche des Metalles Regenbogenfarben zeigte, so erscheint es nach dem Erstarren auf der Oberfläche gestreift und rothbrüchig, war es dagegen zu wenig erhitzt, was sich durch das matte Ansehen der Oberfläche zu erkennen giebt, so ist es auch nach dem Erstarren matt und kaltbrüchig. Das Zinn hat nach dem Erstarren den grössten Glanz und die grösste Härte und Klang, wenn es bis zum beginnenden Glühen erhitzt, in die Formen gebracht und rasch abgekühlt wird; man unterwirft daher das Zinn dieser Behandlung, wenn es sich um die Herstellung von Schraubengewinden u. dergl. handelt. Umgekehrt darf das Zinn nicht zu stark erhitzt werden, wenn man demselben Weichheit und Dehnbarkeit, wie es z. B. für Verarbeitung von Folien und Stanniol erforderlich ist, erhalten will. Bei starker Weissglühhitze beginnt das Zinn zu sieden und sich langsam zu verflüchtigen.

Das geschmolzene Zinn bedeckt sich an der Luft mit einer grauen, aus Zinnoxydul und metallischem Zinn bestehenden Haut, Zinnkrätze (crasse d'étain) genannt. Durch fortgesetztes Schmelzen bei Luftzutritt verwandelt sich das Zinn vollständig in gelblichweisses Zinnoxyd (Zinnasche, potée d'étain, *tin-putty*). An der Luft büsst das Zinn nach und nach seinen Glanz ein.

103. Von allen Zinnsorten werden die von Banca und Malacca in Ostindien am meisten geschätzt. Das Malaccazinn (*straits tin*) kommt in vierkantigen Blöcken von 1—2 Pfund Gewicht, das Bancazinn in Barren von 40—130 Pfund vor. Das Bancazinn, als das reinste und theuerste, führt in England den Namen *old-tin*, das von anderen Plätzen Indiens *new-tin*; die geringste Sorte von Zinn ist die von Pera. Dem ostindischen Zinn kommt an Güte nahe das englische Kornzinn (*grain-tin*), welches aus dem Seifengebirge (*stream-tin*, im Gegensatz von *mine-tin*, worunter man in England das auf den Gängen noch anstehende und beim Grubenbetriebe gewonnene Erz versteht) gewonnen wird. Ausser Spuren von Eisen und Kupfer enthält das Zinn in der Regel $^1/_{10}$ Proc. Wismuth. Das unreinere Zinn, das aus Erzen in Gruben gewonnen wird, heisst Blockzinn oder gemeines Zinn (étain en saumons, *ordinary-tin*, *block-tin*), es kommt in Blöcken oder fingerdicken Stangen in den Handel. Das reinere Zinn, welches durch eine Reinigungsarbeit gewonnen wird, heisst *refined-tin*. Ausserdem werden in Mexico, in Sachsen und Böhmen Zinnsorten dargestellt, die wegen ihren Verunreinigungen dem ostindischen und englischen Zinn weit nachstehen. Das sächsische Zinn ist seit der von Plattner eingeführten Behandlung der Erze mit Salzsäure von besserer Qualität geworden.

Schon kleine Mengen von Beimengungen fremder Metalle beeinträchtigen die Eigenschaften des Zinnes. Ein Kupfergehalt von 1 Proc. macht das Zinn härter und weniger geschmeidig und wirkt nachtheilig auf die Farbe, ohne jedoch den Glanz zu vermindern. 0,5 Proc. Eisen macht schon die Farbe und den Glanz des Zinnes unansehnlich. 0,5 Proc. Arsen vermindert den Glanz des Zinnes und seine Festigkeit und ändert die silberweisse Farbe in eine weissgraue um. Eine Beimengung von 1 Proc. Blei giebt dem Zinn schon ein mattes Ansehen und eine graue Farbe. Durch Verschmelzen bei möglichst niedriger Temperatur auf gegen den Horizont geneigten Flächen kann das Blei ziemlich vollständig getrennt werden, indem das Zinn aussaigert und eine schwerer schmelzbare Legirung von Zinn mit Blei zurückbleibt. Eine Verunreinigung von 0,5 Proc. Antimon und Wismuth beeinträchtigen zwar nicht den Glanz des Zinnes, wol aber die Geschmeidigkeit; auch ertheilen Antimon und Wismuth dem Zinn ein krystallinisches Ansehen, welches besonders bei der Anwendung des Zinnes zum Verzinnen nachtheilig wirkt. Molybdän und Wolfram sollen weder Glanz noch Festigkeit des Zinnes beeinträchtigen.

Zinnerze.

104. Es giebt nur ein einziges für die Zinngewinnung wichtiges Zinnerz, nämlich den Zinnstein (Zinngraupen, étain oxidé, cassitérite, *tin-stone*), eine mehr oder weniger reine Zinnsäure von der Formel SnO_2, mit 78,6 Proc. Zinn, der sich im Urgebirge, auf Gängen und Lagern im Granit, Gneuss, Syenit, als Gemengtheil mancher Felsarten (Greisen, Zinnzwitter), begleitet von Bergkrystall, Glimmer, Flussspath, Apatit, Topas, Wolfram, Arsenikkies, Kupferkies, Zinkblende etc. findet. Man nennt solche Formationen Stockwerke, dahin gehören die von Geier und Altenberg im Königreich Sachsen und das bei St. Austle in Cornwall. Sehr viele Zinnerze finden sich aber nicht mehr an den Stellen, wo sie ursprünglich sich befanden. Gebirgsarten, welche den Zinnstein umschlossen, wurden im Laufe der Zeit zersetzt und ihre Trümmer durch Strömungen fortgeführt. Am Fusse von Gebirgen, auf deren Gehänge und in Thälern trifft man überdeckt von Torf oder von fruchttragender Erde, oder auch mit Wald bewachsen im sächsischen Erzgebirge (bei Eibenstock), im böhmischen Erzgebirge, in Cornwall, Bolivia, Mexico und Ostindien mächtige Ablagerungen eines solchen zinnsteinhaltigen, aufgeschwemmten Bodens. Granittrümmer und Rollsteine, nicht selten sehr reich an Zinnerz, erscheinen auf bedeutenden Strecken, und oft zwölf bis fünfzehn Fuss hoch, im granitischen Gneuss, im quarzigen Sande, in Thon und Lehm. Um aus derartigen Ablagerungen die metallreichen Gesteinstücke zu gewinnen, um Sonderung des Unhaltigen zu veranlassen, wird das lose Material durch Graben geflösst, in welche man Wasser leitet. Diese Arbeit nennt man das Seifen und von jenem Ausdruck ist die Benennung Seifengebirge abzuleiten, womit der erzhaltige Diluvialboden bezeichnet wird. Die Seifenwerke oder Zinnseifen (*stream-works*, mines d'étain de lavage) legt man an, wenn das Zinn in genügender Menge in dem Seifengebirge vorkommt. Der Zinnstein kommt auch im Sande der Flüsse vor. Das sogenannte Holzzinn (étain xyloïde, *wood tin, toad's eye wood tin*) und der splitterige Zinnstein finden sich vorzugsweise in den Zinnseifen; ersteres ist eine fasrige Varietät des Zinnsteins, welche 5—9 Proc. Eisenoxyd enthält. Der Zinnstein der Seifenwerke giebt ein weit reineres Zinn als das Bergzinnerz, weil im ersteren Falle die Natur selbst die mechanische Scheidung bereits ausgeführt hat.

Zuweilen findet sich mit dem Zinnstein in untergeordneten Mengen der Zinnkies (étain pyriteux, *tin pyrites*) $(2\,Cu_2S + SnS_2) + 2\,(FeS, ZnS)$ mit 26—29 Proc. Zinn und 26—30 Kupfer.

Gewinnung des Zinnes.

105. Die Aufbereitung des Zinnerzes der Seifen ist sehr einfach. Es wird die das Zinnerz führende Erdschicht auf einem grossen

Schlämmgraben verwaschen, was leicht auszuführen ist, indem die erdigen Beimengungen von der Herdfläche niedergespült werden, so dass nur die schwereren Theile aus Geschieben, welche Zinnerz eingesprengt enthalten, bestehend, auf dem Herde zurückbleiben. Von metallischen Beimengungen ist nur der Rotheisenstein vorhanden. Die rein gewaschenen Erze werden zum Siebsetzen gegeben u. s. w. Weit weniger einfach ist die Aufbereitung der Zinnerze, die sich auf ihren ursprünglichen Lagerstätten finden, der Bergzinnerze. Die gewonnenen Erze gehen zuerst den Weg der trocknen und der nassen Aufbereitung: nur sehr selten finden sich die Erze so derb oder so grob eingesprengt vor, dass durch die trockene Aufbereitung und durch das Siebsetzen ein Theil des Erzes der nassen Aufbereitung entzogen werden könnte. Für die Wascharbeiten bedient man sich in England der geneigten Schlämmgraben und für den zähesten Schlamm einer Art von Kehrherd. In Sachsen brennt man das Erz vorerst in offenen Haufen und unter freiem Himmel, wodurch eine leichtere mechanische Zerkleinerung der Erze erreicht wird. Das Verwaschen des Pochmehls geschieht in Sachsen theils auf Stossherden, theils auf Kehrherden. Die aufbereiteten Zinnerze sind aber ausser mit etwas Gangart noch mit Arsenikkies, Schwefelkies, Kupferkies, Magneteisenstein, Wolfram, Zinkblende, Rotheisenstein u. s. w. verunreinigt, weil sich in Folge des ähnlichen specifischen Gewichts diese Mineralkörper durch das Waschen ohne grossen Verlust an Zinnerz nicht vollständig trennen lassen. Man unterwirft deshalb den durch Waschen etwas concentrirten Zinnstein der Röstarbeit, wodurch mit alleiniger Ausnahme des Wolframs die fremden Metalle zum Theil verflüchtigt, zum Theil auch in specifisch leichte und zerreibliche Oxyde übergeführt werden. Nach erfolgtem Abrösten gelangen die Erze zum zweiten Male in die nasse Aufbereitung, nämlich zum Reinwaschen auf den Stoss- und Kehrherden. In Cornwallis, wo man mit Kupfererzen stark verunreinigte Zinnerze verarbeitet, setzt man die aus dem Röstofen gezogenen Schliche zuerst einige Zeit lang der Luft aus und laugt sodann mit Wasser den darin enthaltenen Kupfervitriol aus, aus welchem man durch altes Eisen Cementkupfer niederschlägt. Mitunter gewinnt man bei dem Rösten der Zinnerze arsenige Säure als Nebenproduct.

Zur möglichst vollständigen Beseitigung der durch das Rösten und Reinwaschen nicht zu entfernenden Metalloxyde ist von Plattner und Michell vorgeschlagen worden, die gepochten und gerösteten Erze mit verdünnter Salzsäure zu digeriren und dann mit Wasser auszulaugen. Hierdurch wird ein Theil der fremden Oxyde entfernt und das Wismuth aus der Lösung durch Wasser und basisches Chlorwismuth gefällt, welches gewaschen, getrocknet und mit Kohle und Kalk in Graphittiegeln reducirt wird. Wolfram lässt sich auch hierdurch nicht entfernen. Nach Oxland soll der Wolfram dadurch von dem Zinnstein getrennt werden können, dass man die aufbereiteten und erforderlichen Falles auch

gerösteten Zinnerze mit Glaubersalz und Kohlenstaub mengt und das Gemenge in einem Flammenofen röstet. Aus dem den Zinnstein unverändert enthaltenden Röstgut wird durch siedendes Wasser wolframsaures Natron ausgelaugt, der Rückstand zur Entfernung des Eisenoxydes verwaschen und verschmolzen.

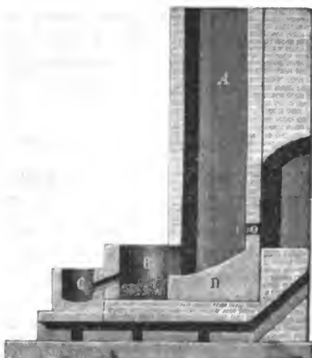
Das Verschmelzen der aufbereiteten Zinnerze geschieht entweder in Schachtöfen mit Fluggestübbekammern oder in Flammenöfen.

Verschmelzen der Zinnerze in Schachtöfen.

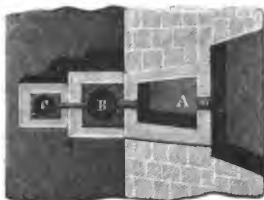
106. Nach dem zu Altenberg in Sachsen gebräuchlichen Verfahren wird das geröstete Zinnerz in einem Halbhohofen (Fig. 29 I und II), dessen Wände aus Granit construirt und der auf einem Mauerwerke von Gneuss ruht, verschmolzen. Ein solcher Ofen besteht aus dem 10 Fuss hohem Schacht *A* und dem Vorherd *B* und dem Stechherd *C*. Der Bodenstein *D* besteht aus einem Stück und ist muldenförmig zugehauen. Die Gicht des Ofens steht mit Fluggestübbekammern in Verbindung. Der Vorherd *B* steht durch eine Stichöffnung mit einem eisernen Kessel in Verbindung; bei *o* mündet die Düse des Gebläses. Der Zinnstein wird mit Kohlen und $^1/_4$ seines Gewichtes Zinnschlacken geschichtet; das reducirte Zinn fliesst neben Schlacke aus dem Schmelzraume auf den Vorherd *B*, von welchem es in den Kessel *C* fliesst. In 24 Stunden werden 30—36 Centner Zinnstein verschmolzen und daraus gegen 15 Centner Zinn gewonnen. Die fallenden Schlacken (die bis zu 30 Proc. Zinn enthalten) werden zu Ende der Campagne für sich verschmolzen (das Schlackentreiben), wobei Zinn und eine Art Ofensau, Härtlinge genannt, sich bilden, welche letztere aus einer Legirung von Eisen und Zinn bestehen. Das so erhaltene

Fig. 29.

I.



II.



Zinn enthält Eisen und Arsen und wird gereinigt. Diese Reinigung besteht in einer Aussaigerung des Zinnes, Pauschen oder Durchlassen genannt. Der Pauschherd ist eine gemauerte, mit schwerem Gestübbe bedeckte, gegen den Horizont geneigte Fläche, die in einen Tiegel endigt. Der Herd wird mit glühenden Kohlen bedeckt und das Zinn mittelst eiserner Kellen auf die Kohlen gegossen, damit es langsam durch dieselben hindurch ziehe. Die schwerer schmelzbaren Metalle bleiben halb erstarrt, mit Zinn vermischt, zwischen den Kohlen zurück. Diese Massen, Dörner genannt, eben so wie die Härtlinge wesentlich aus einer Legirung von Zinn und Eisen bestehend, werden mittelst hölzerner Schlägel ausgepresst, um das in ihnen enthaltene Zinn zu gewinnen. Die ausgepressten Dörner werden bei dem Verschmelzen der Schlacken mit zugesetzt. Bei sehr unreinem Zinn wird das Pauschen ein-, auch wol zweimal wiederholt.

Lampadius fand die Härtlinge aus Altenberger Zinnöfen bestehend aus 62,6 Th. Eisen, 30,5 Th. Zinn, ausserdem Arsenik, Wolfram etc. Durch Saigerung lassen sich die Härtlinge sehr schwer vollkommen entzinnen und das dabei erhaltene Zinn ist nicht rein. Man giebt sie deshalb, eben so wie die Dörner, theils beim Erz-, theils beim Schlackenschmelzen wieder auf.

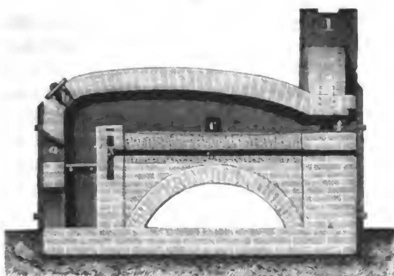
Verschmelzen der Erze in Flammenöfen.

107. Bei dieser in Cornwall üblichen Methode erfolgt die Reduction des Zinnerzes auf dem Herde eines Flammenofens. Obgleich der Process hierbei schneller von statten geht, als im Schachtofen, ferner ein geringerer Zinnverlust stattfindet, ist das erfolgende Zinn doch minder rein, weil in Folge der hohen Temperatur ein gutes Theil der das Zinnerz verunreinigenden Metalloxyde, die im Schachtofen in die Schlacke gehen, reducirt werden. Hinsichtlich des Brennmaterialienverbrauches ist anzunehmen, dass zu 1 Th. Zinn in Schachtöfen mindestens $1^2/_3$ Th. Holzkohlen und im Flammenofen höchstens $1^1/_2$ Th. Steinkohlen verbraucht werden, wenn in beiden Fällen die Schmelzarbeit gut von statten geht.

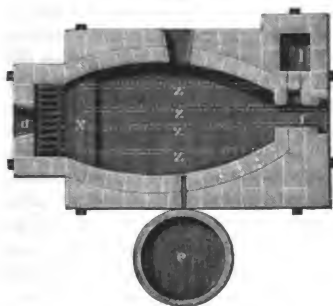
In Cornwall werden die mit Kupfererz, Wolfram, Schwefelkies etc. verunreinigten Zinnerze aufbereitet, geröstet und wieder gewaschen, so dass sie einen Zinngehalt von 50—75 Proc. erlangen. Die Einrichtung der dort zur Verschmelzung der Zinnschliche gebräuchlichen Flammenschmelzofen geht aus Fig. 30 I und II hervor. *a* ist das Schürloch, *b* eine Oeffnung zum Ableiten der Flamme während des Chargirens, um das Verstäuben zu vermindern, *c* die Arbeitsöffnung, *f* das Schlackenloch, *x* ein Luftkanal zur Abkühlung der Feuerbrücke, *z z* sind Luftkanäle, um die Herdsohle abzukühlen, *l* ist die Esse. Die Oefen sind mit einem einzigen nur sehr schwach muldenförmig ausgetieften Feuerherd versehen, mit flachen Gewölben, sehr niedrigen Feuerbrücken, die

Fig. 30.

I.



II.



nicht höher sind als zu verhindern, dass die geschmolzene Masse nicht vom Herde in den Rostraum fliesst. Die Oefen sind überhaupt so beschaffen, dass dem ganzen Herdraume in kurzer Zeit eine starke Schmelzhitze verliehen werden kann. Von dem tiefsten Punkte der Herdsohle geht ein Canal aus, der entweder nach einem aus Backsteinen construirten Stichtiegel oder nach einem gusseisernen Tiegel *e* führt, welcher das geschmolzene Zinn aufnimmt. Dieser Canal ist während des Schmelzens mit einem Thonpfropfen verschlossen und wird erst am Ende der Arbeit, beim Anstechen des Metalles geöffnet. Ein Schmelzposten von 15—20 Ctr. Gewicht (mit 66 Proc. Zinn) wird mit 10 bis 20 Proc. Steinkohlenklein vermischt. Zuweilen fügt man noch etwas gelöschten Kalk oder Flussspath hinzu, um die Schlacke leichtflüssiger zu machen. Nachdem die Masse gut gemengt worden, feuchtet man sie mit Wasser an, wodurch das Eintragen erleichtert wird, weil sonst viel von der staubartigen Masse durch den scharfen Ofenzug noch vor der Schmelzung fortgerissen werden würde. Sobald das Erz eingetragen ist, schliesst man die Thüren, verstreicht die Fugen und fängt an zu schüren. Die Masse ist schon nach etwa einer Stunde im Fluss; sie wird von Zeit zu Zeit mit einer eisernen Kratze durchgerührt. Die Schlacke wird abgezogen; die zuletzt abgehobene enthält viel Zinn. Erst nach 6—7 Stunden ist die Reduction so vollständig erfolgt, dass zum Abstechen des Zinnes geschritten werden kann. Ist die Schlacke im Augenblicke des Abstechens sehr dünnflüssig, so kühlt man sie durch aufgestreutes Kohlenpulver etwas ab, wodurch sie etwas zähflüssiger wird. Nachdem das Zinn abgelassen ist, bleibt auf der Herdsohle eine

Schlacke zurück, welche viel Zinn in ihren Zwischenräumen enthält. Das daraus durch Pochen und Waschen erhaltene Zinn heisst Prillon (*prills*); es ist sehr unrein, wird für sich geläutert und führt den Namen Schlackenzinn. Aus 20 Ctr. Zinnstein erhält man bei einem Aufwande von 22—23 Ctr. Steinkohlen gegen 13—14 Ctr. Rohzinn.

108. Das abgestochene Zinn bleibt einige Zeit in dem Stichherde oder dem Tiegel ruhig stehen, damit Schlacken und andere Unreinigkeiten sich auf der Oberfläche absondern, um mit einem Schaumlöffel entfernt zu werden. Das Zinn wird darauf in gusseiserne Formen gekellt und aufbewahrt, bis eine zur Vornahme des Raffinirprocesses hinlängliche Menge Zinn sich angesammelt hat. Das Wesentliche dieses Processes besteht 1) in dem Aussaigern und 2) in dem Polen des ausgesaigerten Zinns. Behufs des Aussaigerns sucht man das Zinn bei möglichst niederer Temperatur zu schmelzen, damit die schwerer schmelzbaren Beimengungen auf dem Herde des Flammenofens zurückbleiben. Sie bestehen hauptsächlich aus Zinn, Kupfer, Wolfram, Eisen etc. Auf das Aussaigern folgt das Polen, welches darin besteht, dass man in dem Läuterkessel durch grünes Holz oder durch nasse Kohlen das Zinn zum Aufschäumen bringt, oder es auf einfachere Weise in Bewegung versetzt, damit bei der fortwährend veränderten grossen Oberfläche fremde Bestandtheile Gelegenheit haben, sich zu oxydiren und als Poldreck abzuscheiden. Ein nicht selten angewendetes Verfahren des Raffinirens des Rohzinns besteht auch darin, dass ein Arbeiter einen Theil des geschmolzenen Metalles mit einer Kelle herausschöpft und es von einer gewissen Höhe wieder in den Kessel herabgiesst, womit ununterbrochen längere Zeit fortgefahren wird. Nach dem Reinigen lässt man das Zinn noch einige Zeit ruhig stehen, damit das minder reine Zinn von dem reineren sich sondere. Die obere Schicht ist die reinste, die unterste die unreinste, so dass die Reinheit der Zinnmulden von der Reihenfolge abhängig ist, in der sie gegossen werden. Der Läuterungsprocess braucht 5—6 Stunden, eine Stunde nämlich zum Aussaigern, drei Stunden zum Aufkochenlassen oder Abschäumen und 1—2 Stunden zum Absetzenlassen und Auskellen.

Das Wismuth[1]).

109. Das Wismuth (bismuth, *bismuth*, *tin-glass*) wird zuerst von Basilius Valentinus im 15. Jahrhundert in seinem letzten

1) Literatur: Lampadius, Handbuch der Hüttenkunde, 2. Thl. Bd. III p. 153; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 816—828; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 15—24; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865 p. 462—465.

Testamente erwähnt: das Antimonium gehört zwischen Zinn und Blei, wie das Wismuth zwischen das Zinn und Eisen. Bei einer anderen Gelegenheit sagt er, das Wismuth oder der Marcasit sei des Jovis Bastard (das dem Zinn entsprechende Halbmetall). Im 16. Jahrhundert nennt Paracelsus den „Wismat" unter den Halbmetallen. 1546 wird es von G. Agricola als *Bisemutum* oder auch als *plumbum cinereum* zu den wahren Metallen gerechnet und angegeben, dass man es dem Zinn zumische. Die Eigenthümlichkeiten des Wismuths lehrte Pott 1739 genauer kennen. Darauf untersuchte es Geoffroy und Bergmann, welcher Letztere hauptsächlich die Reactionen dieses Metalles kennen lehrte.

110. Das Wismuth gehört zu den seltener vorkommenden Metallen und findet auch nur eine wenig ausgedehnte technische Anwendung. So wie es im Handel vorkommt, enthält das Wismuth Schwefel, Nickel, Eisen und die beiden mit dem Wismuth isomorphen Metalle Arsen und Antimon. Es ist von weisser Farbe, die einen Stich ins Röthliche zeigt, hat einen starken Metallglanz, ist auf der Bruchfläche grossblättrig und spiegelnd und lässt sich leicht in grossen Krystallen erhalten, welche Rhomboëder sind, die mit dem Würfel oft die grösste Aehnlichkeit haben, und gleich dem Kochsalz aus kleinen, treppenförmig auf einander gehäuften Krystallen bestehen. Das specifische Gewicht des Wismuths ist 9,79, sein Schmelzpunkt nach Crighton bei 249°, nach Erman bei 265°, so dass also das Wismuth leichtflüssiger ist als Blei und fast eben so leichtflüssig als Zinn. In der Nähe der Weissglühhitze lässt es sich vollständig verflüchtigen. Beim Festwerden dehnt sich das Wismuth aus. Wismuth ist ein wenig härter als Silber, aber ohne besonderen Klang; es besitzt geringe Festigkeit und so wenig Geschmeidigkeit, dass es gepulvert werden kann. Nach den Versuchen von Chaudet soll jedoch das gereinigte Wismuth sich in gegossenen Stäben biegen lassen, wobei es das Knirschen des Zinnes hören lässt. Die physikalischen Eigenschaften des Wismuths sind noch wenig bekannt. Das Wismuth verbindet sich mit den meisten Metallen und macht dieselben leichtflüssiger. Gleich dem Blei legirt sich auch das Wismuth mit Zink nur innerhalb bestimmter Grenzen. Was die Anwendung des Wismuths betrifft, so benutzt man dasselbe zu Legirungen, als Oxyd mit Borsäure und Kieselsäure geschmolzen zu optischen Gläsern und als basisch salpetersaures Wismuthoxyd zu weisser Schminke (Blanc de fard). Unter den Legirungen des Wismuths sind die mit Blei, Zinn und Kadmium (s. d.) die wichtigeren. Newton's leichtflüssige Legirung besteht aus 8 Th. Wismuth, 3 Th. Zinn und 5 Th. Blei und schmilzt bei 94,5° C. Rose's Metall besteht aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn und schmilzt bei 93,75° C. Ein geringer Zusatz von Kadmium macht diese Legirungen noch leichtflüssiger. Eine Legirung von 3 Th. Blei, 2 Th. Zinn und 5 Th. Wismuth, deren Schmelzpunkt bei 91,66° C. liegt,

eignet sich zum Abklatschen (Clichiren) von Holzschnitten, Druckformen, Stereotypen u. s. w. Ehe man z. B. einen Holzschnitt in die Masse abgedrückt, muss dieselbe schon so weit erkaltet sein, dass sie teigig zu werden anfängt. Das Wismuth eignet sich zu diesem Zwecke ganz besonders wegen seiner Ausdehnung beim Erstarren. Eine ähnliche Legirung benutzt man zu Metallbädern, um Stahlarbeiten darin anzulassen, ferner zu Stiften, welche anstatt der Graphitstifte auf besonders (mit Knochenasche) präparirten Papieren dienen. Endlich hat man eine Wismuthlegirung von bestimmtem Schmelzpunkte angewendet, um dem Explodiren der Dampfkessel vorzubeugen; zu diesem Zweck verschliesst man ein kurzes Rohr, das in dem Dampfkessel eingeschraubt ist, mit einer Platte von dieser Legirung; wenn die Temperatur der Dämpfe bis zum Schmelzpunkte der Legirung steigt, so schmilzt die Platte und die Dämpfe entweichen.

Wismutherze.

111. Als Wismutherz ist nur das gediegene Wismuth zu erwähnen, welches sich besonders auf Kobalt- und Silbergängen im Granit, Gneuss, Glimmerschiefer, im Uebergangs- und Kupferschiefergebirge, mit Speiskobalt, Kupfernickel, in Quarz, Schwerspath, Kalkspath etc. und auch auf Zinnsteingängen vorfindet. Es findet sich im sächsischen Erzgebirge (Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt, Altenberg) in Böhmen, Baden, Hessen, Schweden, Norwegen, England und Frankreich. Der Wismuthocker (BiO_3 mit 89,6 Proc. Wismuth) und der Wismuthglanz (BiS_3 mit 81,5 Proc. Wismuth) sind keine Wismutherze, wie sie es sein würden, wenn ein stärkerer Verbrauch des Metalles und ein höherer Werth als derjenige ist, welchen das Wismuth jetzt im Handel hat, zur Benutzung aufforderten. Das Vorkommen des Wismuths im gediegenen Zustande erleichtert das Ausbringen des Metalles ausserordentlich, indem bei dem niedrigen Schmelzpunkte des Wismuths nur ein Aussaigern der Erze bei angehender Rothglühhitze erforderlich ist. Bei den Wismutherzen kommt keine andere Aufbereitung in Betracht als die Handscheidung, woher es kommt, dass man höchstens 10 Proc. Wismuth erzielt. Meist ist auch das Wismuth nur Nebenproduct, und der wahre Zweck der Aussaigerung die Benutzung der ausgesaigerten Rückstände. Dies ist besonders dann der Fall, wenn, wie bei Schneeberg, Kobalt- und Wismutherze gemeinschaftlich vorkommen. Ohnehin müssten auf den Blaufarbenwerken die Kobalterze von dem Wismuth befreit werden, weil das sich bildende Wismuthoxyd die Schönheit der blauen Farbe des Kobaltglases beeinträchtigen würde. Da das Wismuth durch das Aussaigern nur unvollständig sich absondert, so setzt sich in den Glashäfen der Blaufarbenwerke eine metallische Masse, die sogenannte Kobaltspeise ab,

welche aus Wismuth, Nickel, Kupfer, Arsenik etc. zusammengesetzt ist. Aus dieser Kobaltspeise wird gleichfalls Wismuth gewonnen. Auch als Nebenproduct bei der Darstellung des Zinns (vergl. S. 128) tritt das Wismuth zuweilen auf.

Die Gewinnung des Wismuths.

112. Die älteste und unvollkommenste Methode der Wismuthgewinnung durch Saigerung besteht darin, dass man das wismuthhaltige Kobalterz mit Kohlenklein vermengt auf ein aus Reisig und Holzabfällen bereitetes Rostbette einige Fuss hoch aufschichtet und dann das Holz anzündet. Das Wismuth saigert durch die Hitze aus und geht auf die Sohle des Röstbaufens, wo es in Gestalt von Körnern zwischen Kohle und Asche (Aschblei) gefunden wird. Durch Waschen und Schlämmen sondert man die Wismuthkörner, schmilzt sie hierauf in einem gusseisernen Kessel wieder ein und liefert das Metall in Giessbuckel ausgegossen in den Handel. —

Die gebräuchlichste Methode des Aussaigerns des Wismuths ist die in Röhrenöfen, die unter andern in Schneeberg in Sachsen befolgt wird. Fig. 31 zeigt von einem solchen Ofen die Vorderansicht, Fig. 32 den Vertikaldurchschnitt. Die Wismutherze werden in haselnussgrossen Stücken in der Menge von 20 bis 25 Pfund Erz in gusseiserne Röhren oder Cylinder *A, A* ... eingetragen, deren jede an dem einen Ende mit einer Blechklappe, an dem andern mit einem Lehmpfropfen verschlossen ist; in letzteren befindet sich eine kleine Oeffnung *o, o* .., durch welche das geschmolzene Wismuth ausfliessen kann. Fünf solcher Röhren werden in einen Ofen eingesetzt, welcher im Wesentlichen den zur Destillation der Steinkohlen in den Leuchtgasfabriken angewendeten gleicht. Die Röhren haben eine etwas gegen den Horizont geneigte Lage. Unterhalb des durchbohrten Lehmpfropfens einer jeden Röhre steht ein gusseisener Napf *B*, welcher durch darunter befindliche glühende Kohlen erhitzt wird. Hinter dem Ofen befindet sich ein Wassertrog *D*, in

Fig. 31.

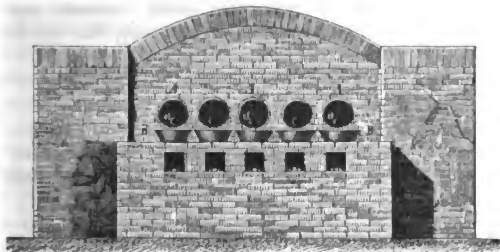


Fig. 32.



welchen man die Rückstände des Aussaigerns, die man aus der mit einer Blechklappe verschlossenen und nun geöffneten Mündung der Röhre mit einem eisernen Werkzeuge herauskratzt, fallen lässt. Man erhitzt zuerst drei oder vier Stunden lang die Röhren, bis sie gehörig rothglühen, und füllt dann jede Röhre mit Wismutherz. Nach etwa 10 Minuten schon beginnt das Metall in die Näpfe abzufliessen, in welchen sich Kohlenpulver befindet, durch welches das flüssige Wismuth vor der Oxydation geschützt wird. Sobald die Näpfe mit Metall angefüllt sind, schöpft man das Metall mit Kellen heraus und giesst es in Giessbuckel, worin man es erkalten lässt. Die so erhaltenen Wismuthscheiben haben ein Gewicht von 25—30 Pfund. In acht Stunden saigert man 20 Centner wismuthhaltiges Kobalterz ab, welche bei einem Holzverbrauche von etwa 60 Kubikfuss Holz $1\frac{1}{2}$ Centner Wismuth liefern. Neuerdings hat Plattner eine verbesserte Construction des Saigerofens angegeben, welcher brennstoffsparend wirken soll.

Wenn es sich um die Darstellung von reinem, besonders von arsen- und antimonfreiem Wismuth handelt, reinigt man das gewöhnliche Wismuth auf die Weise, dass man 64 Th. desselben mit 8 Th. calcinirter Soda und 1 Th. Schwefel mengt und die Masse in einem bedeckten Tiegel eine Stunde lang im Schmelzen erhält. Arsenik und Antimon werden dadurch in Gestalt von Sulfosalzen (AsS_3, NaS und SbS_3, NaS) entfernt.

Das Zink[1]).

113. Zur Geschichte des Zinks folgende Notizen. Eine Legirung des Zinks (zinc, *zinc*, *spelter*) mit Kupfer, das heutige Messing, war

1) Literatur: M. A. Muller, Metallurgie du zinc, Paris 1862; J. Percy, Metallurgy, London 1862, Vol. I p. 518—604; deutsche Ausgabe von F. Knapp,

bereits den Alten bekannt. Die Mössinöcier, eine alte, am Pontus Euxinus wohnende Nation, stellten das Messing (mössinöcisches Erz) durch Zusammenschmelzen von Galmei mit Kupfer dar. Als ein eigenthümliches Metall wurde das Zink erst im 16. Jahrhundert von Paracelsus erkannt und zwar als ein von den übrigen verschiedenes sprödes Metall. Früher jedoch kam es aus Asien, insbesondere aus Ostindien und aus China nach Europa [1]). Das Zink bietet das einzige Beispiel eines von der Natur in grosser Menge gelieferten, leicht zu gewinnenden Metalles, von welchem die Technik lange Zeit keinen diesen Verhältnissen entsprechenden Gebrauch zu machen wusste. Der Grund davon ist leicht zu finden. So lange das Zink nur als ein ungeschmeidiges Metall bekannt war, schien es einer unmittelbaren Anwendung in gewerblicher Beziehung nicht fähig zu sein; nachdem aber im Jahre 1805 die beiden Engländer Hobson und Sylvester zu Sheffield die Entdeckung gemacht hatten, dass das Zink bei erhöhter Temperatur walzbar sei, hat man begonnen, das Zink zu Blech zu verarbeiten. Eine weit ausgedehntere Anwendung hat aber das Zink dadurch gefunden, dass man es als Metall mit dem Kupfer verbindet und auf diese Weise jene Legirungen darstellt, welche man ehedem nur mittelbar aus Zinkerzen, namentlich aus dem Galmei, und aus Kupfer darzustellen vermochte. Bis ungefähr zum Jahre 1832 war die Anwendung des Zinkes auf die Blechfabrikation und auf die Erzeugung von Messing und ähnlichen Legirungen beschränkt; andere Benutzungsweisen von Erheblichkeit waren nicht bekannt, und je nachdem sich entweder ein neuer Handelsweg oder eine Aussicht zu vermehrtem Gebrauche zeigte, bemächtigte sich die Speculation dieses Metalles und verursachte plötzlich bedeutende Steigerungen im Preise desselben, welche dann einem eben so schnellen Sinken Platz machten, wenn jene Erwartungen nicht in Erfüllung gingen. So kam es denn, dass in dem Preise des Zinkes bedeutende Schwankungen eintraten, welche nicht selten zwischen 5 und 21, ja selbst 42 Gulden für den Centner variirten. Gegenwärtig gehört das Zink zu den technisch wichtigsten Metallen.

114. Die in technischer Hinsicht wichtigeren Eigenschaften des Zinkes sind folgende: Es ist von grauweisser, ins Blaugraue gehender Farbe, von meist blättrig krystallinischem, bisweilen sehr kleinblättrigem Gefüge, mit starkem Metallglanz auf den Flächen. Farbe, Gefüge und Glanz ändern sich in verschiedener Richtung ab, je nachdem das Zink

---

Braunschweig 1862, Bd. I p. 474—561; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 626—735; C. F. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 324—343; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865 p. 202—215; A. Vogel, Das metallische Zink, München 1861.

1) Die Geschichte des Zinks ist am vollständigsten in Percy's Metallurgie (deutsche Ausgabe), Bd. I p. 474—483 entwickelt.

mit anderen Metallen mehr oder weniger verunreinigt ist. Die Angaben über das specifische Gewicht des gegossenen und des einem nachherigen Drucke unterworfenen Metalles weichen stärker von einander ab, als bei jedem anderen Metalle. Nach Karsten schwankt das specifische Gewicht zwischen 6,85 und 7,0, je nachdem es rein oder mit anderen Metallen verunreinigt ist. Nach Bolley hat das nahe der Schmelzhitze ausgegossene Zink nach dem schnellen Erkalten ein specifisches Gewicht von 7,178, langsam erkaltet von 7,145, das in der Glühhitze ausgegossene schnell erkaltet 7,109, langsam erkaltet 7,120. Durch Hämmern und Walzen wird das specifische Gewicht bis auf 7,2, sogar bis auf 7,3 erhöht [1]). Ein Kubikfuss Zink wiegt demnach 360—390 Pfund. Das Zink ist etwas härter als das Silber, aber weniger hart als das Kupfer; es lässt sich schwer mit der Feile bearbeiten, weil das Metall sehr bald die Zähne der Feile verstopft, leichter mit der Raspel. Im reinen Zustande hat es fast Silberklang. Im Allgemeinen gehört es zu den spröden Metallen und besitzt nur geringe absolute Festigkeit (sie beträgt für den Quadratzoll im gegossenen Zustande nur etwa 2500, bei Draht und Blech dagegen 16,700—19,800 Pfund). Dem Zusammendrücken dagegen widersteht es mit grosser Kraft. Zink im vollkommen reinen Zustande ist schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas dehnbar und kann zu dünnen Blechen ausgetrieben werden, ohne Kantenrisse zu erhalten. Diese Dehnbarkeit verschwindet aber schon durch geringe Verunreinigung mit anderen Metallen, so dass das nicht vollkommen reine Zink bei gewöhnlicher Temperatur unter dem Hammer zerspringt. Das Zink schmilzt bei 412° (nach Daniell; bei 433,3° nach Person). Bei der hellrothen Glühhitze (bei 891° nach Deville) verflüchtigt es sich und lässt sich bei Abschluss der Luft destilliren. Bei 500° entzündet es sich und brennt mit grünlicher, hellleuchtender Flamme zu nicht flüchtigem Zinkoxyd (Zinkweiss). In der Wärme dehnt sich das Zink sehr stark und zwar unter allen technisch wichtigen Metallen am stärksten aus (von 0—100° im Längendurchmesser um $^1/_{340}$, das gehämmerte um $^1/_{322}$), weshalb sich das geschmolzene Zink beim Erstarren sehr stark zusammenzieht. Beim Ausgiessen des Zinkes müssen die gusseisernen Formen stark erhitzt und die Temperatur des geschmolzenen Zinkes nicht sehr erhöht werden, damit die Erstarrung allmälig und bei einer möglichst geringen Temperaturdifferenz erfolge. Die Dehnbarkeit des Zinkes ist zwischen 100 und 150° am grössten und selbst das mit anderen Metallen verunreinigte Zink lässt sich bei

1) Nach Bolley haben die Abweichungen bei blos gegossenem Zink ihren Grund theils in der Temperatur, bei welcher ausgegossen wird, theils in der unüberwindlichen Schwierigkeit, hohle Räume in dem Gussstück zu vermeiden. Bolley fand als niedrigste Zahl 7,109. Nach Karsten ertheilen Beimengungen von $^1/_2$—$^3/_4$ Proc. Blei dem Zink das höhere spec. Gewicht von 7, welches das reine gegossene Zink niemals erreicht

dieser Temperatur walzen. Diese Eigenschaft des Zinkes, in einer die Siedehitze des Wassers etwas übersteigenden Temperatur dehnbar zu sein und im ausgedehnten Zustande es auch bei gewöhnlicher Temperatur zu bleiben, ist für die Technik von unschätzbarem Werthe, indem nur durch diese Eigenschaft die Verwendung des Zinks zu Blech und Draht ermöglicht ist. Ueber 150° verringert sich die Geschmeidigkeit des Zinkes, bei 200° ist das Metall so spröde, dass es zu Pulver zerstossen werden kann.

115. An feuchter Luft überzieht sich das Zink mit einer Haut von Oxydhydrat, welche die darunter liegenden Zinktheile vor weiterer Oxydation schützt. Seiner leichten Oxydirbarkeit durch Wasser und Säuren wegen eignet es sich nicht zu Koch- und Milchgeschirren. Die das käufliche Zink verunreinigenden Metalle sind Kadmium, Eisen und Blei. In früherer Zeit, als man das Kadmium noch nicht vortheilhaft vom Zink zu trennen verstand, betrug der Kadmiumgehalt oft bis zu 6 Proc., ohne dass die Dehnbarkeit des Zinkes merklich verringert wurde; gegenwärtig mag der Kadmiumgehalt 0,16—0,97 Proc. in keinem Falle übersteigen. Ein Bleigehalt von 0,5 Proc. macht das Zink geschmeidiger; man giebt deshalb dem zur Blechfabrikation dienenden Zink zuweilen einen geringen Bleizusatz. Für Zink, welches zu Messing benutzt werden soll, ist ein Bleigehalt schon von 0,25 Proc. höchst schädlich, indem dadurch die Festigkeit des Messings bedeutend abnimmt. Ein Eisengehalt von 0,3 Proc. — gewöhnlich eine Folge des Umschmelzens des Zinks in eisernen Kesseln — ist auf die Geschmeidigkeit des Zinkes ohne Einfluss. Durch einen grösseren Eisengehalt wird aber das Zink spröde und brüchig. Im Allgemeinen ist das Galmeizink reiner als das Blendezink. Der beim Auflösen des Zinkes in Säuren bleibende schwarze Rückstand, früher für Zinkcarburet gehalten, besteht aus Eisen, Blei und Kohle. Mit Eisen in Berührung bewahrt das Zink das Eisen vor Oxydation (galvanisirtes Eisen). Das Zink fällt viele andere Metalle aus ihren Lösungen, so namentlich Kupfer, Silber, Blei, Kadmium, Arsenik etc. Die Auflöslichkeit des Zinkes in verdünnten Säuren ist um so grösser, je mehr dasselbe mit fremden Metallen verunreinigt ist. Aber nicht blos davon hängt die leichtere Löslichkeit ab, sondern auch bei ganz reinem Zink ist sie verschieden je nach der Temperatur, welcher das Zink vor dem Ausgiessen ausgesetzt war. Am schwierigsten löst sich das eben bei der Schmelzhitze ausgegossene Zink, wenn es schnell erkaltet war; etwas besser, wenn es auf warmen Platten erstarrte; am leichtesten löst sich das bei der Glühhitze ausgegossene Zink und dieses wiederum am schnellsten, wenn es langsam erkaltete (Bolley).

Die Anwendung des Zinkes ist eine sehr mannichfaltige, so als Blech, zu Legirungen und als Gussmaterial (anstatt des Gusseisens und der Bronze), zum Trennen des Silbers vom Blei, zum Protegiren des

Eisens, zum Ueberziehen der Telegraphendrähte, zur Bereitung v Zinkweiss und anderen Zinkpräparaten. Dass das Zink einen Bestan theil der meisten constanten galvanischen Batterien (mit Kohle in d Batterie von Bunsen, mit Platin in der von Grove, mit Kupfer der von Daniell) ausmacht, ist allgemein bekannt.

Das Zink des Handels ist niemals rein und enthält als hauptsäc lichste Verunreinigung Blei (0,08 bis 1,6 Proc.)[1]; ausserdem sind sehr kleiner Menge vorhanden Kadmium, Zinn, Kupfer, Eisen, Ars und Schwefel. Durch wiederholte Destillation, besonders wenn d zuerst übergehende Antheil, aus kadmiumhaltigem Zink bestehen beseitigt und die Destillation nicht bis zur Verflüchtigung des ganz Zinkes fortgesetzt wird, lässt sich das Zink von dem grössten Theile d fremden Metalle trennen.

Zinkerze.

116. Von den zinkhaltigen Mineralien rechnet man folgende z den Zinkerzen (minerais de zinc, *ores of zinc*):

1) Zinkspath, edler Galmei (zinc calamine, zinc carbonat *sparry calamine*, ZnO, CO_2 = 65,20 Th. Zinkoxyd und 34,80 Th Kohlensäure) ist wesentlich kohlensaures Zinkoxyd, enthält jedoch häufi grössere oder geringere Mengen von Eisenoxydul, Manganoxydul, Ka miumoxyd, Bleioxyd, Kalk und Magnesia. Der Kadmiumgehalt beträg bis zu 2 Proc. Es findet sich auf Gängen, Lagern, Stöcken und Nester im krystallinischen Schiefergebirge, Uebergangsgebirge, Steinkohlenge birge und im jüngeren Flötzgebirge. Deutschland ist in einigen Gege den reich an Zinkspath. Bedeutende Lagerstätten desselben sind a Altenberg (*vieille montagne*) unweit Aachen, in der Gegend von Tarn witz in Schlesien, zu Brilon und Iserlohn in Westphalen, zu Raibel un Bleiberg in Kärnthen, in England zu Mendip in Sommersetshire, Matloc in Derbyshire, zu Leadhills und Wanlockhead in Schottland, in Frank reich zu Pierreville bei Cherbourg, zu Chessy bei Lyon, in Asturien i Spanien (in der Nähe von Santander und Biscaja), in Sibirien, in mehr ren Gegenden der Vereinigten Staaten etc. Der Zinkspath (isomorp mit dem Kalkspath, Spatheisenstein etc.) ist das wichtigste Erz für d Gewinnung des Zinkes; es war schon den Alten bekannt und wurd durch die Namen *καδμεία* oder *καδμία*, cadmia bezeichnet.

2) Kieselzinkerz, Galmei, Kieselgalmei, Zinkglas (zinc sil caté, calamine, pierre calaminaire, *hydrated silicate of zinc, electr calamine*), $2(3\,ZnO, SiO_3) + 3\,HO$ aus 66,93 Th. Zinkoxyd, 25,5 Kieselerde und 7,48 Th. Wasser bestehend) kommt theils auf de

---

1) Vergl. die Arbeiten von Eliot und Storer (Wagner's Jahresbericl 1860 p. 156).

Galmeilagerstätten, theils auf Erzgängen vor. In Begleitung des Galmeies bricht es auf Lagern und Nestern, welche besonders in verschiedenen Kalkformationen sich befinden. Mit Galmei, Brauneisenstein, Zinkblende etc. gemengt, findet sich das Kieselzinkerz an der *vieille montagne*, in der Gegend von Lüttich, in Westphalen, Kärnthen, in Nordamerika etc. In Verbindung mit dem Galmei dient der Kieselgalmei zur Gewinnung des Zinkes, auch wol unmittelbar zur Messingfabrikation.

3) Zinkblende, Blende (zinc sulfuré, blende, *black-jack, blende, sulfuret of zinc*, ZnS mit 67,03 Zink und 32,97 Schwefel, enthält zuweilen Schwefeleisen, Schwefelkadmium, Schwefelsilber, auch wol kleine Mengen von Schwefelblei und Schwefelantimon) gehört zu den sehr verbreiteten Erzen und findet sich in grösseren Massen auf Nestern, Lagern und Gängen, besonders im krystallinischen Schiefergebirge und im Uebergangsgebirge, hin und wieder auch im Flötzgebirge in Begleitung von Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, so z. B. am Harz (Goslar, Andreasberg), in Sachsen (Freiberg, Schwarzenberg), Przibram in Böhmen etc. Die Gewinnung des Zinkes aus der Zinkblende, früher nur sehr unbedeutend, hat in neuerer Zeit an Ausdehnung zugenommen.

4) Rothzinkerz (Brucit, Zinkit, brucite, *red zink ore*), ein in Nordamerika auf Lagern mit Franklinit (wesentlich Fe_2O_3, ZnO), zum Theil mit Kalkspath in Franklin, Stirling und Sparta in New-Jersey in enormen Mengen vorkommendes Erz, ist Zinkoxyd, durch kleine Mengen von Mangan- und Eisenoxyd roth gefärbt.

An die Zinkerze schliesst sich der Ofenbruch (Ofengalmei) an, der beim Verschmelzen der Blei- und Kupfererze, besonders aber der Eisenerze, auf der Gicht der Schmelzöfen gewonnen wird. Dieser Ofenbruch enthält oft über 90 Proc. Zinkoxydul und Zinkoxyd.

Gewinnung des Zinkes.

117. Das Verfahren der Gewinnung des Zinkes aus seinen Erzen besteht im Wesentlichen in der Ueberführung des Zinkes in den Erzen durch gewisse Vorarbeiten (Calciniren, Rösten) in Zinkoxyd und in der Behandlung der gerösteten Zinkerze (gebrannter Galmei oder geröstete Blende) in einem Schacht- oder Gefässofen, in welchen man ein Gemenge von Erz, Zuschlag und Brennmaterial von oben aufgiebt; die Verbrennung darin wird durch ein Gebläse unterhalten. Erz, Zuschlag und Brennstoff werden in solchen Verhältnissen angewendet, dass das in den Erzen enthaltene Zinkoxyd reducirt werde und als Zink sich verflüchtige, während alle anderen Bestandtheile mit dem Zuschlage Schlacken bilden. Die Reduction des Zinkoxydes durch Kohle geht erst bei 1300° C. vor sich, während das Zink schon bei 1200° destillirt. Es geht daraus hervor, dass das Zink nur durch einen Destillationsprocess und Verdich-

tung der Zinkdämpfe (bei mindestens 800°) gewonnen werden kann. Das Brennmaterial wird in solcher Menge aufgegeben, dass es nicht nur zur vollständigen Reduction genügt, sondern in grossem Ueberschusse vorhanden ist, damit vor den Formen nicht etwa ein oxydirendes Gas wie Kohlensäure entstehen könne, welches einen Theil des Zinkes wieder zu Zinkoxyd verbrennen würde. Der Zuschlag muss so beschaffen sein, dass bei der Bildung der Schlacke in keinem Falle eine oxydirende Substanz sich bilden kann. Erfordert z. B. die Beschaffenheit des Erzes die Benutzung von Kalk als Zuschlag, so wendet man denselben gebrannt und nicht als kohlensauren an. Man leitet vorzugsweise getrocknete Luft in den Ofen.

Für die Theorie der Zinkgewinnung sind die von A. Müller[1]) zu Tage geförderten folgenden Thatsachen von Wichtigkeit. 1) Kohlensäure wird durch Kohle in Kohlenoxyd übergeführt, selbst bei einer niedrigeren Temperatur, als bei der sich die Zinkdämpfe verdichten. Die Reduction geschieht um so rascher und vollständiger, je höher die Temperatur und je grösser die Kohlenmenge. 2) Das Zink destillirt bei beginnender Weissglühhitze über. 3) Das Kohlenoxydgas reducirt das Zinkoxyd bei einer etwas höheren Temperatur, als wobei die Destillation des Zinks beginnt. Die dabei entstehenden Zinkdämpfe werden sofort durch die gebildete Kohlensäure wieder oxydirt und es erfolgt metallisches Zink nur bei einem heftigen Gasstrom und bei starker Abkühlung. Wasserstoff wirkt ähnlich. 4) Die Kohle reducirt Zinkoxyd nur bei einer viel höheren Temperatur, als Kohlenoxydgas. Hieraus ergeben sich folgende Schlüsse: Kommen zu gleicher Zeit Zinkdämpfe und Kohle mit Kohlensäure zusammen, so werden bei einer gewissen Temperatur erstere beiden durch letztere oxydirt ($Zn + C + 2\,CO_2 = ZnO + CO + 2\,CO$). Ist die Temperatur niedriger, als die, wobei Kohle Zinkoxyd zerlegt, so wird vorzugsweise das Zink oxydirt ($Zn + C + CO_2 = ZnO + C + CO$). Wenn die Temperatur eine solche ist oder höher, als wobei Zinkoxyd durch Kohle reducirt wird, so wird hauptsächlich nur Kohle oxydirt ($Zn + C + CO_2 = Zn + 2\,CO$); bei Anwendung von Wasserstoff erhält man Zinkdämpfe und Wasser. Um bei Gegenwart von Kohle metallisches Zink zu erhalten, muss die Temperatur bis zu dem Punkt erhöht werden, wo die Verwandtschaften des Zinks und der Kohle entgegengesetzt sind, und dies ist eine intensive weisse Rothglühhitze; der Sauerstoff des Wassers verbindet sich dann auch mit der Kohle. Es giebt nämlich $Zn + HO + C$ bei niedrigerer Temperatur $ZnO + C + H$ und bei höherer Temperatur $Zn + CO + H$.

Die Producte der Behandlung sind 1) Zinkdämpfe, die sich in abgekühlten Canälen verdichten, 2) die durch die Verbrennung erzeugten Gase, welche zum Heizen des Dampfkessels der Gebläsemaschine, zum

1) Wagner's Jahresbericht 1862 p. 152.

Brennen des als Fluss verwendeten Kalkes, zum Umschmelzen des destillirten Rohzinkes und zum Trocknen und Rösten der Erze verwendet werden, 3) die nicht flüchtigen Stoffe (Schlacken, Stein, reducirte Metalle).

Bei der Gewinnung des Zinkes unterscheidet man folgende Operationen:

1) das Brennen des Galmeies und das Rösten der Zinkblende;
2) das Beschicken der gebrannten oder gerösteten Erze;
3) die Destillation des Zinkes
 α) in Muffeln,
 β) in Röhren,
 γ) in Tiegeln;
4) das Läutern des Rohzinkes.

Aufbereitung und Vorbereitung der Zinkerze.

118. Die Aufbereitungsarbeiten bei dem Galmei und bei dem damit fast immer vorkommenden Kieselzinkerz bestehen besonders darin, dass man die geförderten Erze einige Zeit an der Luft liegen lässt, um die Gebirgsart durch Verwittern leichter trennen zu können. Die Vorbereitungsarbeiten bestehen bei dem Galmei einzig und allein im Brennen, um die Kohlensäure und das Wasser zu verflüchtigen. Die Gegenwart beider würde zwar der Destillation nicht hinderlich sein und man würde ohne Nachtheil Austreibung der Kohlensäure und Reduction des zurückbleibenden Zinkoxydes mit einander verbinden können. Man findet aber das Brennen vor der Destillation zweckmässig, damit bei der Reduction weniger Gase sich entwickeln, die nicht allein grosse Mengen von Wärme binden, sondern auch die Beschickung in den Destillationsgefässen zum Theil mit fortreissen würden. Durch das Brennen wird auch das Erz poröser und zur Reduction geeigneter. Die Erfahrung hat gelehrt, dass gebrannter Galmei mehr Ausbeute an Zink giebt als ungebrannter. Man nimmt das Brennen des Galmeies entweder 1) in Schachtöfen (durch lagenweises Einschichten von Brennstoff unter das Erz oder durch Erhitzen des Erzes durch Flammenfeuerung) oder 2) in Flammenöfen (mit eigner Feuerung oder mit Heizung mit den Feuergasen aus den Destillιröfen) vor.

Die Zinkblende erfordert eine wirkliche Röstarbeit, indem sie nur in dem Verhältniss, in welchem der Schwefel verflüchtigt worden ist, auf Zink benutzt werden kann. Die Röstarbeit geschieht auf dem Herde eines Flammenofens und zwar muss die Blende hierbei in Pulver (Schlich) verwandelt worden sein. Durch das Rösten verändert sich die Zinkblende nur langsam zu einem Gemenge von Zinkoxyd und schwefelsaurem Zinkoxyd; bei erhöhter Temperatur wird, unter Austreibung eines Theiles Schwefelsäure, letzteres zu basisch schwefelsaurem Zinkoxyd

(SO_3, 3 ZnO), bis auch endlich, bei starker Glühhitze, die noch übrige Schwefelsäure (nach den Versuchen von Deville zum grössten Theile in schweflige Säure und Sauerstoff zersetzt) ausgetrieben wird und reines Zinkoxyd zurückbleibt. Dieses Resultat ist aber nur schwierig zu erreichen und das zurückbleibende Zinkoxyd ist mehr oder weniger mit Schwefelzink verunreinigt.

Beschicken der Erze.

119. Die gebrannten oder gerösteten Erze werden, wenn Galmei das Zinkerz war, durch Walzen oder durch Mahlen zerkleinert und mit 45 bis 46 Proc. eines Gemenges von mageren Steinkohlen und Kokskleín beschickt. Die Anwendung der Erze sowol, als des Zuschlages geschieht am vortheilhaftesten in Haselnussgrösse. Inniges Mischen von Erz und Kohle ist nicht nothwendig, weil die Reduction durch Kohlenoxydgas, weniger durch Kohle vor sich geht. Ein Zusatz von 4—5 Proc. Kochsalz zu den ersten 3 oder 4 Beschickungen trägt zum inneren Verglasen der Destillirgefässe bei. Nach Harkort lassen sich die Zinkerze durch Kohlenoxydgas in Destillirgefässen direct reduciren.

Destillation des Zinkes in Muffeln.

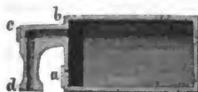
(Schlesische Methode.)

120. Die Destillation des Zinkes aus den mit Kohle beschickten Erzen (Galmei) geht nach hinreichendem Erhitzen unter stürmischer Entwickelung von Steinkohlengasen und Zinkdämpfen vor sich. Da im Anfange der Destillation die Vorlage noch nicht die zur Umwandelung der Zinkdämpfe in flüssiges Zink erforderliche höhere Temperatur besitzt, so bildet sich ein pulverförmiges Sublimat (Zinkrauch, poussière de zinc), welches später beim Zusammentreten mit der Luft zum Theil verbrennt. Später condensirt sich das Zink zu flüssigem Zink. In Schlesien geschieht die Reduction und Destillation des Zinkes aus muffelähnlichen Destillationsgefässen in einem Ofen, welcher einem Glasofen sehr ähnlich ist. Sie ist nicht nur in Oberschlesien (Königshütte, Lidognyahütte etc.), sondern auch in Stolberg bei Aachen (Münsterbusch, Birkengang), in Westphalen, Belgien etc. üblich. Die Muffeln werden entweder nur mit der Hand ohne Anwendung irgend einer Form oder über Chablonen aus feuerfestem Thon und zerstossenen gebrannten Muffelscherben gefertigt; ihre Höhe beträgt $1^1/_2$ Fuss und ihre Länge $4^1/_2$—5 Fuss. Sie werden vor dem Gebrauche gebrannt. Die vordere Seite der Muffel hat zwei Oeffnungen; die untere ist mit einer Platte *a* (Fig. 33 und 34) verschlossen, welche entfernt wird, wenn die Destillationsrückstände herausgenommen werden sollen. Oben ist ein knieförmig gebogenes Rohr eingesetzt, welches bei *c* mit einer während

Fig. 33.



Fig. 34.



der Destillation verschlossenen Oeffnung versehen ist, durch welche die Beschickung (für jede Muffel etwa 60 Pfund Galmei) eingetragen wird. Durch die Oeffnung *d* tröpfelt das flüssige Zink in den darunter befindlichen Raum. Früher wendete man Oefen mit 6—10 Muffeln, gegenwärtig solche mit 20 an, wodurch an Brennmaterial gespart wird. Die Muffeln stehen in dem gewölbten Zinkofen, zu beiden Seiten einer langen Rostfeuerung auf Bänken, so dass sie die Flamme des Brennmaterials so viel als möglich umspielt. Fig. 35 zeigt die äussere Ansicht des Ofens. Sechs oder acht Stunden nach dem Eintragen ist die Destillation in vollem Gange, nach 24 Stunden ist sie beendigt. Dann trägt man sogleich ein zweites Gemenge durch die Oeffnung *c* ein. Nach drei Destillationen wird der Rückstand aus der Muffel (aus Kieselerde 60 Proc., Thonerde 10 bis 12 Proc., Eisen- und Manganoxydul 18 bis 20 Proc. und Zinkoxyd 5 Proc. bestehend) entfernt. Das destillirende Zink wird in den Räumen *t*, *t* aufgefangen. Während der Destillation verbrennen etwa 2 bis 4 Proc. Zink zu Zinkoxyd. Das bei Beginn der Destillation sich bildende Zinkoxyd enthält fast alles Kadmiumoxyd und wird zur Darstellung des Kadmiums verwendet. In der ersten Periode bildet sich, wie oben erwähnt, viel Zinkrauch, der bis zu 98 Proc. metallisches Zink enthält. Die durch die Destillation erhaltenen und mit Oxyd gemengten Zinktropfen (Tropfzink) werden durch Schmelzen gereinigt; man giesst das geschmolzene Metall in Form von Tafeln und liefert es als Werkzink in den Handel. Der Abgang bei dem Umschmelzen beträgt ungefähr 15 Proc.; dieser Abgang enthält übrigens gegen 70 Proc. Zink, weshalb es bei einer neuen Destillation wieder mit dem Galmei gemengt wird.

Fig. 35.



100 Centner gerösteter Galmei geben 48 Centner Rohzink und diese wiederum beim Umschmelzen 41 Centner reines Zink; die dabei fallenden 7 Centner Abgang enthalten noch 4 Centner Zink; daher

liefern 100 Centner gerösteten Galmeis etwa 45 Centner Zink. Da nun aber 150 Centner roher Galmei, welche 100 Centnern geröstetem Galmei entsprechen, 68 Centner Zink enthalten, so ergiebt sich bei dem schlesischen Verfahren ein Abgang von 15 Proc.

Destillation des Zinkes in Röhren.

(Belgische Methode.)

121. Nach der belgischen Zinkgewinnungsmethode, zu Moresnet am Altenberge bei Aachen, Corphali bei Huy, Angleur in Belgien, Achenrain in Tyrol, Mühlheim an der Ruhr, Iserlohn in Westphalen etc. gebräuchlich, geschieht die Reduction des gerösteten Galmei und die Destillation des Zinkes in Thonröhren, welche reihenweise etwas gegen die Horizontale geneigt neben und über einander liegen. Die Röhren (Fig. 36), aus demselben Material dargestellt wie die schlesischen Muffeln, sind cylindrisch, gewöhnlich 3 Fuss lang und haben eine Weite von 6 Zoll im Lichten. Die Dicke der Röhren beträgt $1^1/_4$ Zoll. Sie sind an dem einen Ende geschlossen. Mit der vorderen Oeffnung berühren die Röhren die Vorderwand des Ofens; sie dient zum Eintragen der Beschickung, zum Abziehen der Zinkdämpfe und zum Entfernen der Destillationsrückstände. An jeder dieser Röhren wird eine gusseiserne oder thönerne, 10 Zoll lange Ansetzröhre (Fig. 37) befestigt und an diese endlich noch eine 8 Zoll lange Röhre von Eisenblech (Fig. 38) geschoben, welche inwendig mit Lehm verstrichen ist, in der sich die Zinktropfen sammeln. Fig. 39 zeigt den senkrechten Durchschnitt eines belgischen Zinkdestillationsofens, in welchem Galmei verhüttet wird, welcher sich von dem schlesischen durch grösseren Zinkgehalt und durch geringeren Eisengehalt unterscheidet. Die aus der Wäsche kommenden Erzsorten haben einen durchschnittlichen Zinkgehalt von 30 bis 40 Proc. Das Rösten geschieht meist in Schachtöfen. Die Beschickung für einen Reductionsofen in 24 Stunden besteht aus 925 Kilogr. Galmei und 574 Kilogr. Kohlen (einem Gemenge von Cinder und Kohlenklein). Die Destillirröhren kommen in acht Reihen übereinander in den Ofen. Zu diesem Behufe befinden sich in der hinteren Mauer *b d* des Ofens acht vorspringende Bänke, auf welchen das geschlossene Ende der Röhren aufruht. Man giebt den Röhren eine geringe Neigung nach vorn. Das Eintragen der Beschickung in die Röhren geschieht täglich Morgens 6 Uhr; die Röhren (Fig. 38) werden abgenommen, der Rückstand aus der Retorte entfernt, die Beschickung durch die Ansetzröhren (Fig. 37) in die Destillirröhren gebracht;

Fig. 36.



Fig. 37.

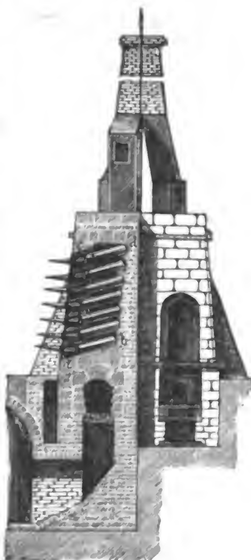


Fig. 38.



und die Eisenblechröhren wieder aufgeschoben. Schon nach zwei Stunden zeigen sich die ersten Zinktropfen in den Blechröhren und der Arbeiter befestigt letztere auf den gusseisernen Recipienten. Nach zwei Stunden entleert der Arbeiter den Inhalt der Blechröhren — ein Gemisch von staubförmigem Zink mit Zinkoxyd — in ein Blechgefäss. Ein anderer Arbeiter ist fast unaufhörlich beschäftigt, das Zink aus den Recipienten in einen Tiegel zu kratzen, den er von Zeit zu Zeit ausleert. So geht es fort, bis nach Verlauf von zwölf Stunden sich die Destillirröhren in einem fast weissglühenden Zustande befinden und sich keine Zinkdämpfe mehr entwickeln. Die Ausbeute beträgt ungefähr 36 Proc. und mit Berücksichtigung des Zinkes aus den Oxyden etwa 37,5 Proc. Zink.

Fig. 39.

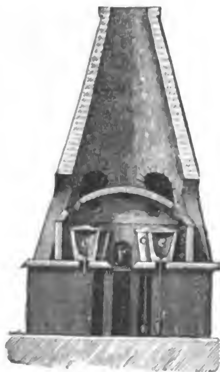


Destillation des Zinkes in Tiegeln.

(Englische Methode.)

122. Bei der englischen Zinkgewinnungsmethode, früher in der Gegend von Birmingham, Bristol, Sheffield und in Wales ausgeübt, gegenwärtig aber meist durch die belgische und schlesische Methode verdrängt, findet eine sogenannte abwärts gehende Destillation und zwar in Tiegeln statt. Die Reductionsöfen sind meist rund und so eingerichtet, dass auf dem Herde 6 bis 8 Tiegel *c c* (Fig. 40) aufgestellt werden können. Das über den Tiegeln und der Feuerung befindliche Gewölbe ist mit Oeffnungen versehen, durch welche man zu den Tiegeln gelangen kann. Die Tiegel sind aus feuerfestem Thone gefertigt, haben bei 4 $^1/_2$ Fuss Höhe unten 14 Zoll, oben 26 Zoll im Durchmesser. In der Mitte des Bodens der Tiegel befindet sich eine Oeffnung, aus welcher die Zinkdämpfe sich in die

Fig. 40.



Verdichtungsröhre *t* begeben. Beim Füllen verstopft man diese Oeffnung mittelst eines Holzpfropfens, der in der Hitze bald verkohlt oder mittelst eines Koksstückchens. Der kleiner gewordene Pfropfen schliesst dann immer die Oeffnung noch so, dass die beschickte Masse nicht durchfallen kann. Das Eintragen der Beschickung (das Erz ist in England fast immer nur geröstete Blende) in die Tiegel geschieht durch eine im Deckel des Tiegels befindliche Oeffnung, die auch noch ungefähr zwei Stunden nach dem Eintragen offen bleibt, bis eine blaue Färbung der Flamme die beginnende Reduction anzeigt. Darauf wird die Oeffnung im Deckel durch eine Platte aus feuerfestem Thon geschlossen, die Verdichtungsröhre an die untere Tiegelöffnung gefügt und darunter das zur Aufnahme des Zinkes bestimmte Gefäss gestellt, welches öfters mit Wasser gefüllt wird, um das Umherspritzen des niederfallenden Zinkes zu verhüten. Die untere Mündung der Fallröhre bleibt aber immer noch einige Zoll über dem Niveau des Wassers. Das destillirende Zink sammelt sich in Tropfen und als feines Pulver, mit Zinkoxyd gemengt, in den Gefässen und wird demnächst in eisernen Gefässen umgeschmolzen. Das auf der Oberfläche sich abscheidende Oxyd wird abgeschöpft und das Metall in Formen gegossen. Während der Destillation wird die Röhre öfters mit einem glühenden Eisenstabe gereinigt. Um nach beendigter Destillation die Tiegel zu entleeren, entfernt man die Verdichtungsröhre, stösst mit einer Stange die Kohle durch, welche die Oeffnung im Boden des Tiegels verschliesst, und lässt die Destillationsrückstände herabfallen. In 14 Tagen wird fünf Mal gefüllt und geleert, so dass in dieser Zeit fünf Destillationen erfolgen. Bei diesen Destillationen geben 6—10 Tonnen Galmei (à 20 Centner) und 22—24 Tonnen Steinkohlen ungefähr 2 Tonnen Zink.

In Kärnthen und im Banate bediente man sich früher einer Destillationsmethode (der sogenannten Kärnthner oder süddeutschen Methode), welche Aehnlichkeit mit dem englischen Verfahren hat, nur wendete man statt der Tiegel vertikale Röhren an, welche durch die Flamme eines seitwärts liegenden Feuerungsraumes erhitzt wurden.

Was den Werth der vorstehend beschriebenen Zinkgewinnungsmethoden betrifft, so ist die schlesische durch längere Dauer der Campagnen, ein vollständigeres Ausbringen und die Benutzung ärmerer Erze ausgezeichnet. Die belgische gestattet in gleicher Zeit eine grössere Production und erheischt weniger Brennstoff.

Zinkgewinnung aus Blende.

123. Zum Zugutemachen der Zinkblende giebt es zwei Wege: nach dem einen röstet man, wie oben (118) angegeben, und führt sie in den Zustand des Oxydes über, worauf man wie bei dem Galmei verfährt (gebräuchlich in England und Wales, zu Stolberg bei

Aachen, in Westphalen, zu Corphali bei Huy in Belgien, bei Linz am Rhein, zu Achenrain in Tirol, zu Davos in Graubündten, zu Mühlheim an der Ruhr); nach dem anderen und vortheilhafteren macht man die Zinkblende direct zu gute, indem Versuche von Berthier, Percy, Spineux u. A. gelehrt haben, dass man durch Erhitzen der Blende mit anderen Metallen und Metalloxyden, mit Kohle, Kalk, Alkalien etc. direct Zink abscheiden kann. Nach der von Lesoinne vorgeschlagenen Methode geschieht diess dadurch, dass man eine zur gänzlichen Entschwefelung der Blende und Freiwerden des Zinkes hinreichende Menge Eisenerz zusetzt. Als Zuschlag wird gebrannter Kalk angewendet. Enthalten die zuzusetzenden Eisenerze Wasser und Kohlensäure, so müssen letztere durch vorhergehende Röstung entfernt werden, damit keine Substanz in den Ofen gelangt, welche das reducirte Zink wieder oxydiren kann. Giebt das Eisenerz Veranlassung zur Bildung einer grossen Menge von oxydirenden Substanzen, so wird die Zinkblende direct mit Roh- oder Schmiedeeisen zu gute gemacht. Swindells hat vorgeschlagen, die Zinkblende mit Kochsalz zu rösten, wobei Glaubersalz und Chlorzink sich bilden, aus der durch Auslaugen erhaltenen Flüssigkeit zuerst krystallisirtes Glaubersalz zu gewinnen, dann daraus das Zinkoxyd durch Kalk niederzuschlagen und ersteres auf gewöhnliche Weise zu reduciren. In neuerer Zeit sind in Oberschlesien unter Mitwirkung von Emil Schmidt Versuche angestellt worden, Zink und Roheisen gleichzeitig in einem Schachtofen zu gewinnen, wie überhaupt der Schachtofen zur Reduction der Zinkerze in jüngster Zeit — so von A. Müller — vielfach empfohlen worden ist, wodurch allein es möglich wäre, die Uebelstände der Zinkgewinnung in vereinzelten Destillirgefässen zu beseitigen.

Zinkproduction.

124. Die Zinkproduction beträgt gegenwärtig (1865) etwa 2,553,000 Centner, davon kommen auf

Schlesien	950,000	Centner.
die rheinischen Gesellschaften	320,000	,,
die Vieille Montagne	750,000	,,
die übrigen belgischen Gesellschaften	200,000	,,
Spanien	62,000	,,
England	160,000	,,
Frankreich	15,000	,,
Oesterreich	18,000	,,
Polen	48,000	,,
Nordamerika	30,000	,, (?)
	2,553,000	Centner.

Das Kadmium [1]).

125. Das Kadmium (cadmium, *cadmium*), ein seltener vorkommendes und technisch erst in den letzten Jahren benutztes Metall, ist ein fast steter Begleiter des Zinkes in den Zinkerzen, besonders in dem schlesischen Galmei. Es wurde 1817 fast gleichzeitig von Stromeyer in Hannover und Hermann in Schönebeck entdeckt. Das Kadmium steht hinsichtlich seiner Eigenschaften in der Mitte zwischen Zinn und Zink; es ist zinnweiss, stark glänzend, dehnbar und hämmerbar und verliert an der Luft nach und nach seinen Glanz. Es hat ein specifisches Gewicht von 8,6—9,05, schmilzt bei 360°, siedet bei 720° und lässt sich leicht destilliren. Der oberschlesische Galmei enthält bis zu 5 Proc. Kadmium und darüber, Galmei von Wiesloch über 2 Proc., Zinkblende vom Oberharz 0,35—0,79 Proc., Blende von Przibram 1,78 Proc., von Eaton in Nordamerika 3,2 Proc. Der Kadmiumgehalt dieser Erze concentrirt sich in dem bräunlichen Rauche, der im Anfang der Zinkdestillation sich zeigt. Dieser Rauch, welcher bis zu 30 Proc. Kadmiumoxyd und kohlensaures Kadmiumoxyd, ausserdem Zinkoxyd und Zinkcarbonat enthält, dient als Kadmiumerz. Die Reduction desselben geschieht mittelst Holzkohle in kleinen, cylindrischen, gusseisernen Retorten, die mit konischem Vorstoss von Eisenblech versehen sind. Die Trennung dieses Metalles vom Zink beruht darauf, dass das Kadmium schon bei der Temperatur des schmelzenden Zinkes dampfförmig wird, während das Zink erst in der Weissglühhitze destillirt. In der Vorlage sammelt sich das Kadmium als metallischer Staub, gemengt mit etwas Zink und Zinkoxyd. Dieser Staub wird auf gleiche Weise in kleinen eisernen Retorten einer fractionirten Destillation unterworfen, das Kadmium aber endlich unter einer Talg- oder Paraffindecke eingeschmolzen und in 60—100 Gramm schwere Stäbe gebracht [2]).

Auch mit Hülfe des nassen Weges lässt sich nach Jaeckel aus kadmiumhaltigem Zink und Zinkstaub das Kadmium leicht dadurch gewinnen, dass man diese Producte mit verdünnter Salzsäure behandelt. Das Zink löst sich auf, während das Kadmium, so lange überschüssiges Zink vorhanden ist, ausgefällt wird. Man sucht den Rückstand, welcher bei bleihaltigen Producten auch sämmtliches Blei enthält, an Kadmium möglichst anzureichern, und destillirt endlich letzteres ab.

---

1) Literatur: B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 736; C. F. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 343; v. Hauer, Journ. für pract. Chemie XCIV p. 436; Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie 1860 p. 131 und 153; 1862 p. 162 und 188; 1863 p. 172; 1864 p. 132.

2) Vergl. Stadler, die Gewinnung des Kadmiums zu Engis in Belgien; Wagner's Jahresbericht 1864 p. 132.

Das Kadmium hat ähnlich dem Wismuth die in technischer Hinsicht wichtige Eigenschaft, den Schmelzpunkt gewisser Metalle und Legirungen zu erniedrigen. Eine Legirung von 2 Th. Kadmium, 2 Th. Blei und 4 Th. Zinn ist die bekannte Wood'sche Legirung, die noch leichter schmilzt als die entsprechende d'Arcet'sche Legirung mit Wismuth. Eine Legirung von 1—2 Th. Kadmium, 2 Th. Zinn, 4 Th. Blei und 7—8 Th. Wismuth schmilzt bei 71° C. und hat alle Eigenschaften, welche man von einem Metallkitt verlangt. Noch wichtiger ist die von Lipowitz vorgeschlagene Legirung aus 3 Th. Kadmium, 4 Th. Zinn, 15 Th. Wismuth und 8 Th. Blei; sie ist fast silberweiss, nimmt hohen Glanz an, liefert biegsame Bleche und lässt sich feilen, ohne die Feile zu verschmieren. Specifisches Gewicht = 9,4. Sie erweicht bei 55—60° und wird bei etwa 63—65° C. flüssig. Man empfiehlt sie zum Plombiren der Zähne und als Loth da, wo Gegenstände keiner starken Erwärmung ausgesetzt sind. Zinn, Blei und Britanniametall können durch obige Legirung in heissem Wasser von 70° zusammengekittet werden. Neusilber, Zink, Eisen, Messing und Kupfer ebenfalls, wenn dem Wasser einige Tropfen Salzsäure zugesetzt werden. Die leichtflüssigen Kadmiumlegirungen zeichnen sich — nach v. Hauer — durch besondere Zähigkeit aus und lassen sich ganz vorzüglich hämmern und walzen. — Von den chemischen Kadmiumpräparaten findet nur das Schwefelkadmium (CdS) als gelbe Malerfarbe und in der Pyrotechnik zur Erzeugung von blauem Feuer Anwendung.

Die Production an Kadmium beträgt

in Schlesien 200 Pfund,
in Belgien 500 „
Summa 700 Pfund im Werthe von 1400 Thlr.

Das Antimon [1]).

126. Das Antimon (Spiessglanz, Spiessglas, stibium, antimoine, *antimony*) ist in der Verbindung mit Schwefel, als Schwefelantimon schon den Alten bekannt und überhaupt von jeher der Ausgangspunkt für die Darstellung der Antimonpräparate gewesen. Die Gewinnung eines eigenthümlichen Metalles aus dem Schwefelantimon wird dagegen mit Sicherheit erst in dem 15. Jahrhundert beschrieben. Es ist ein ziemlich häufig vorkommendes Metall, findet jedoch ausser zu einigen

1) Literatur: Karsten, Metallurgie, Bd. IV p. 544; Dumas, Handbuch der angewandten Chemie, Bd. IV p. 159; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 488; F. Stohmann, Encyclopäd. Handbuch der techn. Chemie, Braunschweig; Bd. I p. 579; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 1; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865, p. 459.

Metalllegirungen, zur Farbenbereitung (früher auch zur Reinigung des Goldes) etc. keine technische Anwendung. Es geht eben so wie das mit dem Antimon isomorphe Arsenik und wie der Schwefel in die Zusammensetzung einer grossen Anzahl von Erzen ein und macht den Process ihrer Zugutemachung complicirt, so dass das Antimon in den meisten Fällen ein ungern gesehener Begleiter anderer Metalle ist. Das Antimon wird in der Regel nur aus solchen Erzen gewonnen, die kein anderes Metall oder nur geringe Mengen davon enthalten.

127. Das im Handel vorkommende Antimon ist niemals chemisch rein, sondern enthält Arsen, Eisen, Kupfer, Blei und Schwefel. Der Einfluss dieser Verunreinigungen auf die physikalischen Eigenschaften des Antimons ist um so weniger bekannt, als man die Eigenschaften des reinen Antimons selbst so gut als noch nicht kennt. Durch Schmelzen des Antimons mit Antimonoxyd reinigt man das käufliche Metall; das Oxyd oxydirt dabei den Schwefel zu schwefliger Säure und oxydirt auch das Kupfer und Eisen, während eine entsprechende Menge Antimonoxyd zu Metall reducirt wird. Die Entfernung des Arseniks wird unten beschrieben werden. Das Antimon ist fast silberweiss mit einem geringen Stich ins Gelbliche, besitzt starken Metallglanz und eine blättrig krystallinische Structur. Es krystallisirt eben so wie das isomorphe Arsen und Wismuth in deutlichen Rhomboëdern, hat ein specifisches Gewicht von 6,712 und schmilzt bei 430°. Beim Erstarren dehnt sich das geschmolzene Metall nicht aus. Es ist ziemlich feuerbeständig und beginnt erst in starker Rothglühhitze sich zu verflüchtigen. Es ist ausserordentlich spröde und nicht dehnbar, und lässt sich sehr leicht in Pulver verwandeln. An Härte übertrifft es das Kupfer. Mit anderen Metallen vereinigt es sich leicht und ertheilt denselben im Allgemeinen Sprödigkeit. Zinn und Blei werden zuweilen durch Zusatz von etwas Antimon hart gemacht. Nach Calvert und Johnson kann die Härte des Bleies durch Antimonzusatz bis auf das Zwölffache gesteigert werden. Es findet zur Herstellung einiger Legirungen (Letternmetall, Britanniametall), zur Farbenbereitung, zu pharmaceutischen und chemischen Zwecken Anwendung. Früher benutzte man es auch zur Trennung des Goldes vom Silber. Aus seinen Lösungen in Säuren wird das Antimon durch Zink als schwarzes graphitähnliches Pulver gefällt, welches unter dem Namen Eisenschwarz zum Bronziren von Zink- und Papiermaché-Objecten Anwendung findet, durch welche dieselben das Ansehen von blankem Stahl erhalten.

Antimonerze.

128. Das wichtigste Antimonerz ist das Grauspiessglanzerz (Antimonglanz, natürliches Schwefelantimon, antimoine sulfuré, *grey antimony-ore*), SbS_3 mit 71,9 Proc. Antimon; es bricht auf Lagern

und Gängen in Granit, im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge und kommt auf diese Weise entweder als Haupterz, wie in den Gangformationen von Wolfsberg am Harz, Michelsberg in Böhmen, oder in Begleitung von Gold, von Silber-, Blei- und anderen Erzen, auch wol auf Lagerstätten des Spatheisensteines, vor mit Quarz, Kalkspath, Schwerspath etc. Man verhüttet das Grauspiessglanzerz in Deutschland z. B. in Schleiz, Arnsberg, Wittichen und Wolfach in Baden, Wolfsberg am Harze, in Ungarn und Frankreich. Es ist zuweilen goldhaltig.

Das Schwefelantimon findet sich im Mineralreiche häufig als Sulfosäure mit anderen Schwefelmetallen verbunden, so z. B. mit Schwefeleisen im Berthierit $SbS_3 + nFeS$ (mit 53,4 bis 61,6 Proc. Antimon), mit Schwefelblei im Zinckenit, Plagionit, Jamesonit, Federerz und Boulangerit $mSbS_3 + nPbS$, mit Schwefelkupfer im Kupferantimonglanz $SbS_3 + Cu_2S$ (mit 48,6 Proc. Antimon), mit Schwefelkupfer und Schwefelblei im Bournonit $SbS_3, 2Cu_2S + SbS_3, 4PbS$ (mit 25,1 Proc. Antimon), mit Schwefelsilber im Miargyrit, Rothgültigerz, Sprödglaserz, Polybasit und den Fahlerzen. Ein anderes Antimonerz, welches neuerdings für die Antimongewinnung eine gewisse Wichtigkeit erlangt hat, ist das unter dem Namen Valentinit (oder Weissspiessglanzerz oder Antimonblüthe) an vielen Orten, namentlich aber bei Sansa in der Provinz Constantine (Algerien) und auf Borneo vorkommendes Antimonoxyd (SbO_3 mit 83,4 Proc. Antimon), welches auf mehreren Hütten in der Nähe von Marseille verhüttet wird. Mit dem (rhombischen) Valentinit bricht auch der tesserale Senarmontit.

Gewinnung des Antimons.

129. Die Aufbereitungsarbeiten, denen die Antimonerze unterworfen werden, sind durch die Methode bedingt, welche zur Darstellung des Antimons Anwendung finden soll. Sollen die Erze ausgesaigert und das so erhaltene rohe Schwefelantimon zur Reindarstellung des Antimons angewendet werden, so beschränkt sich die Aufbereitung auf die Handscheidung, indem die Saigerarbeit gewissermaassen die Aufbereitung vervollständigt. Wegen des dabei stattfindenden Verlustes an Schwefelantimon ist es jedoch vorzüglicher, auf die Handscheidung die Setzarbeit und die nasse Aufbereitung im Pochwerke folgen zu lassen. Durch zweckmässige Aufbereitung ist die Aussaigerung der Antimonerze zu umgehen, wenn direct reines Antimon dargestellt werden soll. Die Vorbereitungsarbeiten bestehen in der Röstarbeit, welcher die Erze jedoch nur in dem Falle unterworfen werden, wenn das Antimon aus dem Röstproduct (antimonsaures Antimonoxyd, SbO_5, SbO_3) durch Reduction dargestellt und nicht unmittelbar aus dem Schwefelantimon durch Zuschläge abgeschieden werden soll.

Auf den Hütten bezweckt man weniger die Darstellung von reinem Antimon (regulus antimonii) als vielmehr von Schwefelantimon (antimonium crudum). Das reine Antimon wird aus dem Schwefelantimon meist in chemischen Fabriken abgeschieden. Die Production des letzteren hat aber sehr abgenommen, seitdem man Hartblei (antimonhaltiges Blei) als Nebenproduct auf den Bleihütten darstellt.

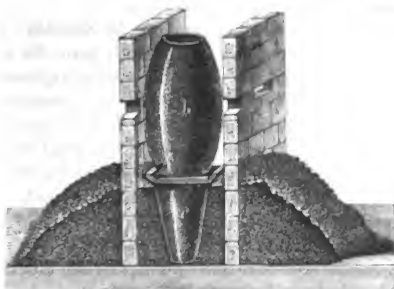
Die Antimongewinnung zerfällt deshalb in zwei Hauptoperationen:

1) in die Gewinnung des rohen Schwefelantimons durch Aussaigern des Erzes
   α) in Töpfen mit Recipienten,
   β) in stehenden Röhren,
   γ) in Flammenöfen;
2) in die Gewinnung des metallischen Antimons
   α) aus dem durch Aussaigern gewonnenen Schwefelantimon
      a) durch Röstung und Reduction,
      b) durch Niederschlagsarbeit;
   β) aus rohen Erzen.
3) An die vorstehenden Methoden schliesst sich die der Antimongewinnung aus Valentinit an, welche einfach in einem reducirenden Niederschmelzen desselben besteht.

Darstellung des Schwefelantimons durch Aussaigern.

130. 1) Die Gewinnung des rohen Schwefelantimons durch Aussaigern gründet sich auf die technisch so wichtige Eigenschaft des Schwefelantimons bei beginnender Rothglut zu schmelzen und somit aus dem strengflüssigen Gesteine abzulaufen. Das Aussaigern giebt erfahrungsgemäss die grösste Ausbeute, wenn man das zu behandelnde Erz in Stücke von Wallnussgrösse bringt. Und doch werden hierbei im günstigsten Falle nur 90 Proc. von dem in dem Erz enthaltenen Schwefelantimon gewonnen. Die Rückstände vom Aussaigern, welches, um einer Verflüchtigung von Schwefelantimon vorzubeugen, nur bei mässiger Rothglut vor sich geht, werden bei dem geringen Preise des Antimons, obgleich sie über 10 Proc. davon enthalten, meist nicht weiter berücksichtigt.

α) Das Aussaigern in Töpfen (oder Tiegeln) mit Recipienten geschieht auf verschiedene Weise. Auf dem Wolfsberge bei Harzgerode schüttet man das auszusaigernde Erz in die Tiegel *b* (Fig. 41), in deren Böden mehrere Oeffnungen sind und welche auf kleineren Tiegeln *c* stehen, die rund herum von heisser Asche oder von Sand umgeben sind. Zu beiden Seiten der Tiegel sind Mauern mit Zuglöchern aufgeführt. Die mit Erz beschickten Tiegel werden mit einem Deckel bedeckt und durch das zwischen die Tiegel und die Mauer gebrachte Feuer nach und nach bis zum Rothglühen erhitzt. Das ausgesaigerte


Fig. 41.

Schwefelantimon sammelt sich in dem unteren Tiegel an.

Um das Brennmaterial besser zu benutzen, wendet man an anderen Orten, so zu Schmöllnitz in Ungarn, eine ähnliche Vorrichtung mit zwei Töpfen oder Tiegeln an, bringt die Tiegel aber in der Weise auf den Herd eines Flammenofens, dass nur die oberen, beschickten Tiegel, nicht aber die Recipienten von der Flamme bestrichen werden. Die unteren Tiegel stehen ausserhalb des Ofens vor jedem grösseren Tiegel in kleinen Gewölben und sind mit den Tiegeln durch Thonröhren in Verbindung gesetzt. Fig. 42 zeigt den Verticaldurchschnitt, Fig. 43 den Grundriss des zum Aussaigern angewendeten Ofens. Eine Erläuterung der Zeichnung ist überflüssig.

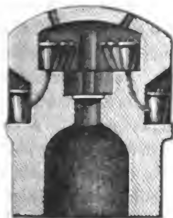

Fig. 42.


Fig. 43.

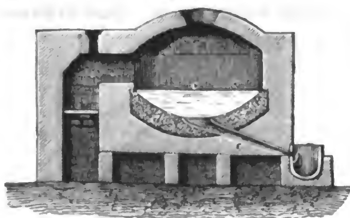
Zu Malbosc (im Ardèche-Departement) wendet man zum Aussaigern des Schwefelantimons etwas konische Töpfe an, die 0,33 Meter hoch und oben an der Mündung 0,22 Meter breit sind. Jeder Topf wird mit 15 Kilogr. rohem Erz beschickt, darauf mit einem Deckel verschlossen und ragt einige Centimeter tief in den unteren Topf hinein, der die nämliche Form hat, aber nicht durchlöchert ist. Die beschickten Töpfe stehen zwischen zwei 0,25 Meter hohen Seitenmauern, die 0,4 Meter von einander abstehen, in einer Reihe. Der Raum um die Tiegel wird mit Steinkohlen gefüllt und diese durch Reisig angezündet. Das Schwefelantimon schmilzt nun allmälig nieder und fliesst in den

unteren Tiegel. Nach beendigter Aussaigerung wird die Bergart aus dem oberen Topfe entfernt und durch neues Erz ersetzt. Man macht gewöhnlich 4 Schmelzungen in 40 Stunden, bis der untere Topf gefüllt ist. Nach dem Erkalten schlägt man die unteren Töpfe symmetrisch entzwei, so dass sie lutirt und wieder angewendet werden können.

131. *β*) Zur Umgehung der kostspieligen Erneuerung der bald unbrauchbar werdenden Töpfe wendet man an einigen Orten zum Aussaigern des Schwefelantimons (nach dem Vorschlage von Lampadius) eiserne Röhren an, die, weil das Eisen vom Schwefelantimon angegriffen wird, mit Lehm angestrichen sind. Man wendet jedoch hierzu auch Steinzeugröhren an. Diese werden in einem dem Wismuthsaigerofen ähnlichen Ofen angewendet, der sich durch geringen Aufwand an Brennmaterial und Geringhaltigkeit der Rückstände empfiehlt.

γ) Am schnellsten und vortheilhaftesten lässt sich die Aussaigerung des Schwefelantimons bewerkstelligen, wenn man das Antimonerz unmittelbar auf den geneigten Herd eines Flammenofens *e* (Fig. 44) bringt und dafür sorgt, dass das aussaigernde Schwefelantimon von dem tiefsten Punkte des Herdes durch eine Rinne *e* nach einem ausserhalb des Ofens befindlichen Recipienten *f* fliesst. Erst nachdem das Erz sich in einem erweichten Zustande befindet und eine Schlackendecke sich gebildet hat, wird die Abstichöffnung verschlossen und das Feuer verstärkt. Das noch im Erze zurückgebliebene Schwefelmetall sammelt sich unter der Schlacke und wird nach Beendigung der Operation abgestochen. Diese Art der Aussaigerung ward zu Ramée in der Vendée angewendet; sie empfiehlt sich durch grosse Wohlfeilheit und dadurch, dass grosse Mengen (10—12 Ctr.) Erz auf einmal und in kürzester Frist ausgesaigert werden können; es findet aber bei ihrer Anwendung ein so beträchtlicher Verlust durch Verflüchtigung statt, dass sie nur dort anwendbar ist, wo neben geringen Gewinnungskosten des Erzes, Ersparniss an Zeit und Brennmaterial wünschenswerth erscheint.

Fig. 44.



Eigenschaften des Schwefelantimons.

132. Das durch Aussaigern gewonnene Schwefelantimon kommt in den Handel in konischen oder platten Stücken von der Form der Recipienten, in denen die geschmolzene Masse erstarrte. Es ist graphitfarben (weshalb es früher in der Bleistiftfabrikation ausgedehnte An-

wendung fand), sehr spröde, wenig hart und zeigt auf dem Bruche ein langstrahliges (spiessiges) glänzendes Gefüge, so dass die Masse aus zarten, parallelen und stahlglänzenden Nadeln zu bestehen scheint. Sein specifisches Gewicht ist 4,0 bei 4,19. So wie es im Handel sich findet, ist es nicht rein, sondern enthält ausser kleinen Mengen von Eisen, Blei und Kupfer stets Schwefelarsen (nach E. Reichardt 0,063 bis 0,490 Proc.).

Gewinnung des metallischen Antimons (regulus antimonii) aus dem Schwefelantimon.

133. 2) Das metallische Antimon stellt man entweder aus dem ausgesaigerten Schwefelantimon oder aus den rohen Erzen dar. Die bisher eingehaltenen Methoden zeigen vielfache Lücken, da die Ausbeute dem Antimongehalt nicht entspricht und der Schwefel durchgängig verloren geht. Bei dem niedrigen Preise des Antimons konnte der hydrometallurgische Weg, welcher bei der Gewinnung vieler anderer Metalle mit Glück betreten worden ist, bei dem Antimon noch keine Anwendung finden. Die Vorschläge, mit dem Ausbringen des Antimons aus dem Schwefelantimon die des Schwefelkohlenstoffs zu verbinden und somit wenigstens einen Theil des Schwefels des Schwefelantimons zu verwerthen, verdienen sicher Beachtung.

Die Darstellung von Antimonregulus aus Schwefelantimon geschieht entweder

a) durch Röstung und Reduction, oder
b) durch Niederschlagsarbeit.

a) Zur Gewinnung des Antimons mittelst der Röstarbeit wird das fein gepochte und gesiebte Schwefelantimon auf der Sohle eines Flammenofens unter beständigem Umrühren geröstet, bis es nicht mehr zusammenbäckt und erkaltet aschgrau erscheint, bis nämlich das Antimon in antimonsaures Antimonoxyd übergeführt worden ist. Dieses Rösten ist eine sehr mühsame Arbeit, weil das Schmelzen, selbst das Zusammensintern des Schwefelmetalles vermieden werden und die Operation deshalb bei sehr niedriger Temperatur ausgeführt werden muss. Das geröstete Product, die Spiessglanzasche wird in Tiegeln reducirt. Zur Reduction würde schon Kohle genügen, allein da das Röstgut immer unzersetztes Schwefelantimon enthält, sich ferner Antimonoxyd verflüchtigen würde, wenn man keine Decke anwendete, vermischt man die Spiessglanzasche mit Kohle und kohlensaurem Natron. Zur Reduction genügt starke Rothglühhitze. Man lässt den Regulus langsam unter der Schlackendecke erstarren, damit er jene sternförmig krystallinische Oberfläche erhalte, welche man im Handel begehrt. Eisenhaltiges Antimon soll den Stern auf der Oberfläche besonders schön zeigen. 100 Th. Schwefelantimon geben, da während der Röstarbeit mit der

schwefligen Säure auch Antimonoxyd sich verflüchtigt, nur 45 Proc Regulus (anstatt 72 Proc.).

Bemerkenswerth für die Antimondarstellung ist der Umstand, das antimonsaures Antimonoxyd in einem gewissen Verhältnisse mit Schwefelantimon zusammengeschmolzen, sich mit diesem zu Antimonregulus und schwefliger Säure zersetzt ($3\,Sb\,O_5, Sb\,O_3 + 4\,Sb\,S_3 = 10\,Sb + 12\,SO_2$) Alle übrigen Methoden der Darstellung von metallischem Antimon aus Schwefelantimon, wobei zum Theil das Schwefelantimon durch den kostspieligen Sauerstoff des Salpeters oxydirt und das entstandene Gemenge von Antimonoxyd und Antimonsäure durch den noch kostbareren Kohlenstoff von Weinsäure (aus dem zugesetzten Weinstein) reducirt wurde, sind gegenwärtig nicht mehr anwendbar.

b) Zweckmässig entfernt man den Schwefel aus dem Schwefelantimon, analog der Niederschlagsarbeit beim Bleiglanz (vergl. S. 120) durch Eisen und zwar durch Schmiedeeisen, weil nur dieses sich leicht mit dem Schwefel verbindet. Durch die alleinige Anwendung des Eisens ist der Erfolg der Zersetzung ein ungünstiger, weil die Trennung des Schwefeleisens von dem Antimon wegen des fast gleichen specifischen Gewichtes beider Substanzen nur schwierig ausgeführt werden kann. Aus diesem Grunde und um der Schwefelverbindung ausser einem geringeren specifischen Gewicht grössere Leichtflüssigkeit zu geben, setzt man kohlensaures oder schwefelsaures Alkali hinzu. 100 Th. Schwefelantimon, 42 Th. Schmiedeeisen, 10 Th. calcinirtes schwefelsaures Natron und $3^1/_3$ Th. Kohle haben sich als ein passendes Verhältniss bewährt (Wittstein). Um zugleich einen arsenfreien Regulus zu erlangen, schmilzt man das nach der angegebenen Vorschrift erhaltene Antimon und zwar 16 Th. desselben, den man, wenn er noch nicht eisenhaltig genug ist, mit 2 Th. Schwefeleisen versetzen kann, mit 1 Th. Schwefelantimon und 2 Th. trockner Soda zusammen und erhält die Masse eine Stunde lang im Fluss. Den Regulus schmilzt man noch ein zweites Mal mit $1^1/_2$ Th. und ein drittes Mal mit 1 Th. Soda, bis die Schlacke hellgelb ist. Zur Abscheidung des Arsens scheint die Gegenwart von Schwefeleisen Bedingung zu sein, indem wahrscheinlich eine dem Arsenkies ($Fe\,S_2 + Fe\,As$) ähnlich zusammengesetzte Verbindung entsteht.

134. 3) Die Darstellung von Antimonregulus aus den rohen Erzen geschieht gegenwärtig z. B. auf den Antimonhütten zu Septêmes und Bouc bei Marseille und auf Enthovens Bleiwerk in London. Nach dem Vorschlage von Karsten soll man die Zersetzung der Erze auf dem Herde eines Flammenofens vornehmen. Die rein aufbereiteten Erze werden mit 35—36 Proc. altem Schmiedeeisen, wozu besonders die Abfälle von der Blechfabrikation sich sehr gut eignen, beschickt, und mit einem Gemisch von schwefelsaurem Natron mit Kohle, Potasche und Kochsalz bedeckt. Als oberste Decke wendet man zweckmässig die

durch den Rost gefallenen Cinders an. Man setzt etwa 2—3 Ctr. Erze mit der Beschickung mit einem Mal auf den Herd. Die Schmelzung ist nach 8—10 Stunden vollendet, worauf das Antimon unter der Schlackendecke abgestochen und in Tiegeln mit Potasche, Kochsalz und Kohle oder etwas Weinstein umgeschmolzen wird. Der Zusatz der schwefelsauren Alkalien trägt zum Flüssigerwerden der Schlacke bei, die Potasche erhöht das Ausbringen und befördert die schnelle Schlackenbildung, wodurch der Verlust durch Verflüchtigung vermindert wird. Der Zusatz von Kochsalz ist dann zu entbehren, wenn die Umstände es erlauben, wenigstens 8—10 Proc. von den schwefelsauren Alkalien anzuwenden. — Auf Enthoven's Bleiwerk in London werden die Antimonerze (mit 50—55 Proc. Antimongehalt) in Eigrösse in schwach rothglühende Tiegel (aus Charmotte und Graphit) gebracht, ein gewisses Quantum alkalihaltiger Schlacke vom Raffiniren und altes Brucheisen dazu gegeben, die Masse in Fluss gebracht und nach $1^1/_2$—2 Stunden die Masse in konische Eisenformen gegossen und nach dem Erkalten durch Hammerschläge die Masse in Rohantimon und Schwefeleisen geschieden, welches erstere durch Raffination, in einem Umschmelzen unter Zusatz von oxydirenden Agentien (Salpeter, antimonsaurem Antimonoxyd) bestehend, von dem grössten Theile der fremden Metalle befreit wird. — Zu Septèmes und Bouc bei Marseille schmilzt man die gerösteten Antimonerze auf der Sohle eines Flammenofens mit Zuschlägen (Kochsalz, Soda, Glaubersalz), Holzkohlenklein und Schlacke von der vorigen Charge.

Das Arsen [1]).

135. Das Arsen (arsenic, *arsenic*) war in seiner Verbindung mit Schwefel schon den Alten bekannt. Für das Schwefelarsen gebrauchten die Griechen die Bezeichnungen *σανδαράχη* und *ἀῤῥενικόν* oder *ἀρσενικόν*, erstere findet sich schon bei Aristoteles im 4. Jahrhundert v. Chr., die zweite bei seinem Schüler Theophrast. Weitläufigere Nachricht über Arsen und Sandarach giebt erst Dioskorides im 1. Jahrhundert n. Chr. Eine bestimmte Kenntniss des weissen Arsens kommt zuerst bei Geber im 8. Jahrhundert vor. Beweise für die Existenz des Elementes Arsen gaben zuerst Henckel 1725 und Brandt 1733.

1) Literatur: Lampadius, Handbuch der allgem. Hüttenkunde, II. Theil Bd. 3 p. 228; Karsten, System der Metallurgie, Bd. IV p. 588; Plattner, Röstprocesse, 1856 p. 32; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 506; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Freiberg 1863, Bd. II p. 312; F. Stohmann, Encyclopäd. Handbuch der techn. Chemie, Braunschweig 1865, I p. 645; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865, p. 457.

In regulinischer Gestalt ist das Arsen (Scherbenkobalt, Fliegenstein genannt) selten Gegenstand der Gewinnung aus arsenhaltigen Erzen, weil das reine Arsen fast keine Anwendung in der Technik gefunden hat. In den Arsenhütten stellt man daher ausser dem metallischen Arsen, arsenige Säure und Schwefelarsen (Operment und Realgar) dar.

Das Arsen ist stahlgrau und stark metallglänzend, von 5,39 bis 5,5 spec. Gewicht, bildet durch Destillation oder Sublimation erhalten eine krystallinische Masse, in welcher Rhomboëderflächen wahrgenommen werden können (das Arsen ist mit dem Antimon und Tellur isomorph). Es ist sehr wenig feuerbeständig und geht bei 180° aus dem festen Zustand sogleich in den gasförmigen über. Verdichtet sich der Arsendampf in einem Raume, in welchem nahezu die Temperatur des Dampfes herrscht, so bildet sich ein metallisch glänzendes, schuppig krystallinisches Product, welches unter dem Namen Fliegenstein in den Handel kommt; ist dagegen der Condensationsraum kalt und bilden sich die Arsendämpfe neben anderen Gasen (wie Kohlenoxyd und Kohlensäure), so setzt sich das Arsen als graues krystallinisches Pulver ab (graues Arsen), welches sich an der Luft leicht oxydirt und gewöhnlich auf den Hütten selbst zur Fabrikation von gelbem und rothem Schwefelarsen Anwendung findet. Es ist sehr spröde und lässt sich leicht pulvern. Das im Handel in schwarzgrauen, metallglänzenden Krusten vorkommende Arsen enthält zuweilen 8—10 Proc. Schwefelarsen beigemengt. Das Arsen macht im Allgemeinen weiche Metalle hart und spröde und leicht schmelzbar.

Arsenerze.

136. Zur Gewinnung des Arsens und der Arsenpräparate verwendet man auf den Arsenhütten (Gifthütten) folgende Erze:

1) Gediegen Arsen (Scherbenkobalt, Näpfchenkobalt, Fliegenstein, arsenic testacé, arsenic natif, *native arsenic*) findet sich besonders auf Gängen, selten auf Lagern, vorzüglich im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, in Begleitung von Antimon, Silber, Antimonsilber, Bleiglanz, Silberglanz, Rothgültigerz etc. Es kommt entweder roh in den Handel, oder wird zur Darstellung von reinem Arsen durch Sublimation benutzt, oder endlich, wenn es Silber enthält, durch Rösten in arsenige Säure verwandelt. Es findet sich zu Andreasberg am Harze, im Erzgebirge, in Böhmen, in der Dauphiné, in Siebenbürgen, im Banate, in Norwegen u. s. w.

2) Arsenkies (Misspickel, harter Giftkies, fer arsenical, arsenic pyriteux, *arsenical pyrites*, $FeS_2 + FeAs$ mit 46,53 Arsen, 19,9 Schwefel und 33,57 Eisen). Findet sich im Erzgebirge und zu Reichenstein in Schlesien.

3) Arsenikalkies (Arseneisen, weicher Giftkies, $Fe_4 As_3$ mit

66,8 Arsenik und 33,2 Eisen). Kommt zu Reichenstein in Schlesien, in Kärnthen, in Steiermark etc. vor.

4) Gewisse Kobalt-, Nickel- und Zinnerze, z. B. der Speiskobalt (Arsenkobalt, Kobaltkies, $AsCo$ mit 28,2 Kobalt und 71,8 Arsen), der Tesseralkies (Arsenkobaltkies, Co_2As_3), das Arsennickel (Weissnickelkies, $NiAs$), das Kupfernickel (Rothnickelkies, Ni_2As), der Kobaltglanz (Glanzkobalt, $CoS_2 + CoAs$) etc.

Ausserdem findet sich das Arsen mit Schwefel verbunden in dem rothen Schwefelarsen oder Realgar, AsS_2, und in dem gelben Schwefelarsen oder Operment, AsS_3. Letztere Verbindung kommt häufig als Sulfosäure allein oder neben Schwefelantimon im Mineralreiche in vielen Silber- und Kupfererzen vor, so z. B. in dem Lichtrothgültigerz $AsS_3 + 3AgS$ und wird dann gewöhnlich durch die Röstarbeit verflüchtigt, ohne Gegenstand metallurgischer Benutzung zu sein. Bei weitem den grössten Theil des Arsens stellt man nicht aus den Arsenerzen, sondern theils aus Kobalterzen, theils aus Zinn- und Kupfererzen, die Arsenerze enthalten, dar. Das Arsen ist daher meist Nebenproduct, welches bei der Zugutemachung der genannten Erze gewonnen wird.

Gewinnung des Arsens.

137. Zur Darstellung des metallischen Arsens giebt es drei Wege, nämlich a) Sublimation des in der Natur gediegen vorkommenden Arsens; b) Erhitzen von Arsenkies (α) und Arsenikalkies (β) bei Luftabschluss, wobei folgende Zersetzung vor sich geht:



α) Arsenkies $FeS_2 + FeAs$ giebt { Eisenmonosulfuret $2FeS$ und metallisches Arsen $2As$ }

β) Arsenikalkies Fe_4As_3 giebt { Arseneisen Fe_4As und metallisches Arsen $2As$ }

c) Reduction der arsenigen Säure durch Kohle.

Zu Reichenstein in Schlesien macht man ein Gemenge von Arsenkies und Arsenikalkies zu gute, welches in dem dortigen Serpentin vorkommt. Da Arsenkies, für sich erhitzt, ein rothes Sublimat von Schwefelarsen giebt, so setzt man vor der Sublimation Kohle zu, um den Schwefel zu binden. Bei der Gewinnung des Arsens aus Arsenkies wird das Erz in thönerne Cylinder, von denen, ähnlich dem Wismuthsaigerofen, mehrere neben einander liegen, gegeben, in welche man vier Zoll tief ein zusammengerolltes Eisenblech und über dieses eine Vorlage schiebt, in welche das Eisenblech gleichfalls 4 Zoll tief hineingeht. Nachdem alle Fugen verstrichen worden sind, wird das Rohr bis zum Rothglühen erhitzt. Durch Zusatz von einer geringen Menge Kohle verhindert man die Bildung von arseniger Säure. Das Arsen setzt sich als eine krystal-

linische Rinde an den inneren Wänden des Blechrohres ab und kann davon leicht durch Aufbiegen des Rohres getrennt werden.

Zu Altenberg in Sachsen stellt man das Arsen aus unreiner arseniger Säure dar, welche als Pulver mit Holzkohlenpulver gemischt, in gusseiserne Töpfe gebracht und erhitzt wird, wodurch die Reduction erfolgt ($As\,O_3 + 3\,C = 3\,CO + As$) und das Metall sublimirt.

Das metallische Arsen findet Anwendung zur Schrotfabrikation (es soll das Blei härter machen und ihm die Eigenschaft ertheilen, sich leichter körnen zu lassen), früher zur Darstellung des Weisskupfers, in der Metallurgie zur Extraction des Nickels aus gewissen metallhaltigen Zwischenproducten und Hüttenabfällen und endlich auch als Fliegengift.

Gewinnung der arsenigen Säure.

138. Die arsenige Säure (weisses Arsen, weisses Arsenglas, Hüttenrauch, Rattenpulver, Giftmehl, acide arsenieux, arsenic blanc, *arsenious acid*, *white arsenic*, $As\,O_3$ mit 75,75 Proc. Arsen) wird meist als Nebenproduct beim Rösten arsenhaltiger Kobalterze in den Blaufarbenwerken bei Schneeberg in Sachsen, der Zinnerze in Altenberg in Sachsen und des silberhaltigen gediegnen Arsens zu Andreasberg am Harz erhalten, seltener direct aus Arsenerzen (Arsenkies und Arsenikalkies) — zu Reichenstein in Schlesien — dargestellt. Die Arbeit zerfällt

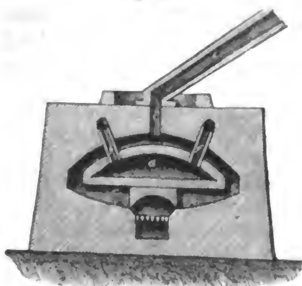
1) in die Herstellung von pulveriger arseniger Säure (Arsen- oder Giftmehl) durch Rösten der Erze,

2) in die Raffination des Arsenmehls oder die Darstellung von glasiger arseniger Säure (Arsenglas).

1) Das Arsenmehl oder die pulverförmige arsenige Säure wird durch Rösten der arsenhaltigen Substanz gewonnen. Würde das Rösten in einem gewöhnlichen Flammenofen vorgenommen, bei welchem die Flamme den Herd berührt, so wäre die Verunreinigung mit Asche, Russ und Kohle unvermeidlich und es würde die so verunreinigte arsenige Säure bei der darauf folgenden Sublimation wieder zum Theil reducirt werden. Man wendet deshalb Flammenöfen an, bei welchen die Flamme unter den Herd geleitet wird. Rauch und Flamme werden, nachdem sie den Boden und die Seitenwände des Herdes erhitzt haben, durch einen besonderen Schornstein *e* (Fig. 45) abgeführt. Der Herd bildet daher eine Art grosser Muffel, von welcher die Zeichnung den Querdurchschnitt zeigt; sie ist mit Kanälen *ff* versehen, durch welche die sich entwickelnden Dämpfe von arseniger Säure in die Condensationsräume (Giftfänge) gelangen. Früher bestanden diese Räume in einem oft hundert Fuss langen gemauerten Kanal. In solchen Kanälen wird aber der Zweck einer vollständigen Condensation nur sehr unvollkommen erreicht. Man zieht daher die sogenannten Giftthürme, massive Gebäude vor, in

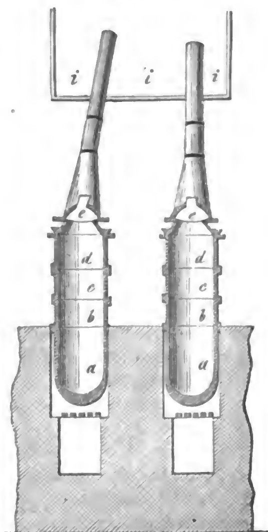
welchen grosse gewölbte Kammern in zwei oder drei Stockwerken über einander liegen. In der letzten Kammer des obersten Stockwerks ist eine Klappe, durch welche die nicht condensirten Dämpfe ins Freie entweichen. Nach Karsten sind die Kammern den Kanälen deshalb vorzuziehen, weil sie den Zug vermindern und ein weniger schwieriges, den Arbeitern weniger nachtheiliges Ausräumen des Giftmehles gestatten. Die Producte des Röstens sind das Arsenmehl, ein graues Pulver, das nur selten in den Handel kommt und die Rückstände, Abbrände, die entweder, wie es zu Altenberg in Sachsen geschieht, beseitigt, oder, wie zu Reichenstein in Schlesien und zu Ribas in der spanischen Provinz Catalonien auf Gold, oder endlich, wie zu Andreasberg am Harz, auf Silber verarbeitet werden. Das Andreasberger Arsenmehl enthält etwa 0,5 Proc. Antimonoxyd.

Fig. 45.



139. 2) Die Raffination des Arsenmehls oder die Darstellung von glasiger arseniger Säure (Arsenglas), auch das Glasmachen genannt, hat zum Zweck, das Arsenmehl von seinen Verunreinigungen zu befreien und es in eine für die Handhabung minder gefährliche Form überzuführen. Diese Arbeit besteht daher in einer erneuten Sublimation des Arsenmehls unter gleichzeitiger Schmelzung des Sublimats, welche letztere die Folge der Einwirkung der Sublimirgefässe ist. Das Sublimiren geschieht in gusseisernen Raffinirkesseln *a* (Fig. 46), auf welche man eiserne oder zinkene Ringe (Trommeln, Hüte) *b*, *c*, *d* und auf diese eine gusseiserne Haube *e* stellt, welche den obersten Ring bedeckt und vermittelst einer Röhre mit der Condensationskammer *i* in Verbindung steht. Die Dämpfe, welche sich in den Röhren und in den Kammern verdichten, geben

Fig. 46.



ein Sublimat, welches von Zeit zu Zeit gesammelt und gemeinschaftlich mit dem Mehl wieder sublimirt wird. Die Raffinirkessel hängen frei über dem Roste. Bei der Raffination des Giftmehles wird der über 2 Fuss hohe und $1^1/_2$ Fuss weite Raffinirkessel mit $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Centner Giftmehl angefüllt, darauf werden die Ringe oder Hüte aufgesetzt, die Fugen mit Thon lutirt und es wird mit dem Feuern begonnen. Die glasige arsenige Säure setzt sich an den Wänden der Ringe ab. Die richtige Temperatur ist von grosser Wichtigkeit; ist die Hitze zu stark, so gelangen zu viel Dämpfe in die Condensationskammern und man erhält nur wenig Glas als Ausbeute. Bei zu niederer Temperatur schmilzt dagegen das Glas nicht vollständig und wird unscheinbar. Nach 12stündigem Feuern lässt man den Apparat erkalten. Den darauf folgenden Tag nimmt man das Arsenglas und das Mehl heraus. Die glasige arsenige Säure wird in reine und unreine geschieden; erstere wird in grosse Stücke zerschlagen und in Fässern von 1—2 Ctr. verpackt. Das unreine Glas wird wiederholt sublimirt. Das im Anfange vollkommene Glas mit muschligem Bruche, Glasglanz und Durchsichtigkeit wird mit der Zeit weiss, porzellanartig, opal- und wachsartig glänzend. Das Arsenglas enthält zuweilen kleine Mengen von Schwefelarsen. Die arsenige Säure besitzt die in technischer Hinsicht wichtige Eigenschaft, die Nüance der meisten organischen und anorganischen Farbstoffe zu erhöhen und zu verschönern. Der grösste Theil der producirten arsenigen Säure wandert daher in die Farbenfabriken, wo sie zur Fabrikation von Schweinfurtergrün und anderen grünen Kupferfarben, von Lackfarben, Kobaltultramarin, Rinmann's Grün Verwendung findet. Auch für die Theerfarbenfabrikation (namentlich für die Darstellung von Fuchsin oder Anilinroth) ist die arsenige Säure wichtig geworden, insofern sie das Material für die Darstellung von Arsensäure darbietet. In der Zeugdruckerei dient sie zur Fixirung der Thonerde- und Eisenbeizen, in der Glasfabrikation als Entfärbungsmittel der Glasmasse, in der Luxusglasfabrikation zur Herstellung eines Emails (das emailbewirkende ist arsenigsaurer Kalk), neben metallischem Arsen zur Schrotfabrikation, als antiseptisches Mittel beim Ausstopfen von Thierbälgen, zum Imprägniren des Saatgetreides, um es vor Brand und schädlichen Thieren zu schützen, als Ratten-, Mäuse- und Schwabengift, in Salzsäure gelöst zum Graubeizen von Messing und Bronze. In alkalischer Lösung verwendet man in den Anilinfabriken die arsenige Säure zuweilen zur Ueberführung des Nitrobenzols in Anilin.

Verbindungen des Schwefels mit Arsen.

140. Auf den Arsenhütten wird neben der arsenigen Säure nicht selten **farbiges Arsenglas** dargestellt, worunter man das **rothe** Schwefelarsen (Realgar) und das **gelbe** Schwefelarsen (Operment) versteht.

Das Realgar (rothes Schwefelarsen, rothes Arsenglas, Sandarach, Rubinschwefel, Arsenrubin, sulfure d'arsenic rouge, *sulphide of arsenic, red orpiment*) hat die Formel $As S_2$ und besteht in 100 Theilen aus 70,17 Arsen und 29,83 Schwefel. Bei der hüttenmännischen Darstellung bezweckt man aber nicht sowohl eine constante chemische Verbindung, als vielmehr ein Product von bestimmter Farbennüance herzustellen, deren Schönheit und Reinheit den Preis bedingt. Man stellt deshalb zuerst durch Destillation Schwefelarsen von grösserem oder geringerem Schwefelgehalt dar, schmilzt dasselbe in gusseisernen Kesseln ein und setzt hierauf soviel Schwefel oder Arsen hinzu, bis die gewünschte Farbennüance erreicht ist. Man verlangt, dass das Realgar eine rubinrothe Farbe und orangerothen Strich habe. Das zur Herstellung des Realgars angewendete Schwefelarsen wird dargestellt, 1) wie in Andreasberg, durch Zusammenschmelzen und durch folgende Sublimation von metallischem Arsen mit Schwefel, 2) wie zu Reichenstein in Schlesien, durch Zusammenschmelzen und Sublimiren von Arsenkies und Schwefel, oder 3) wie in Sachsen, durch gemeinschaftliche Sublimation von einem Gemenge von Eisenkies ($Fe S_2$) mit Arsenkies ($Fe S_2 + Fe As$) oder Arsenikalkies ($Fe_4 As_3$), 4) durch Erhitzen von arseniger Säure mit Schwefel ($2 As O_3 + 5 S = As S_2 + 3 SO_2$) kann man wol auch rothes Schwefelarsen darstellen, doch ist diese Methode keine vortheilhafte. Die Sublimation geht in den nämlichen Oefen vor sich, in denen das regulinische Arsen aus seinen Erzen dargestellt wird, nur fehlt das zusammengerollte Blech (137) und das Sublimat sammelt sich in Vorlagen an. Das Realgar giebt beim Zerreiben ein orangegelbes Pulver, welches vor dem Bekanntwerden des Chromgelbs als gelbe Malerfarbe vielfache Anwendung fand. Ein Gemenge von 24 Th. Salpeter, 2 Th. Realgar und 7 Th. Schwefel bildet den Satz zum Weissfeuer, welches neuerdings als Signallicht benutzt wird. Das Realgar findet ferner in der Zeugdruckerei als Reductionsmittel des Indigblau und in der Weissgerberei zum Enthaaren der Schaffelle Anwendung.

Das Operment (Auripigment, Rauschgelb, gelbes Schwefelarsen, gelbes Arsenglas, deutosulfure d'arsenic, sulfure d'arsenic jaune, *orpiment, yellow orpiment*, in reiner Form $As S_3$) stellt man auf den Arsenhütten auf trocknem und in chemischen Laboratorien auf nassem Wege dar. Zur Bereitung auf trocknem Wege dient der nämliche Apparat, der zum Raffiniren des Arsenmehls und zur Darstellung der glasigen arsenigen Säure Anwendung findet. Man wendet ein Gemenge von arseniger Säure mit Schwefel an ($2 As O_3 + 9 S = 2 As S_3 + 3 SO_2$). Das beim ersten Sublimiren erhaltene Operment wird nochmals sublimirt. Wendet man bei der Annahme der Formel $As S_3$ für das Operment stöchiometrische Proportionen (d. h. auf 100 Th. arsenige Säure 73 Th. Schwefel) an, so erhält man ein unscheinbares Product, so dass nach Lampadius das Operment als ein Gemenge oder als eine chemische

Verbindung von Schwefelarsenik (AsS_3) mit arseniger Säure (AsO_3), demnach vielleicht als ein Arsenoxysulfuret zu betrachten ist. Lampadius fand in dem Operment 6—10,5, Guibourt sogar 49 Proc. arsenige Säure. Es ist von orange- bis citronengelber Farbe.

Auf nassem Wege stellt man es durch Fällen einer mit Salzsäure angesäuerten Lösung von arseniger Säure oder einem arsenigsauren Alkali mit Schwefelwasserstoffgas, oder durch Mischen von Schwefelleberlösung mit arsenigsaurem Kali und Fällen durch Salzsäure dar, oder endlich durch Erhitzen von arseniger Säure mit kohlensaurem Kali und Schwefel, wodurch das Sulfosalz $AsS_3, 3NaS$ entsteht, aus deren Lösung man durch verdünnte Schwefelsäure das gelbe Schwefelarsen ausscheidet. Auch durch Erhitzen einer Lösung von arseniger Säure in Salzsäure mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron lässt sich gelbes Schwefelarsen von grosser Schönheit darstellen. Es findet unter dem Namen Königsgelb in der Oelmalerei Anwendung.

Das auf trocknem Wege dargestellte Operment, compacte, orangegelbe und amorphe Stücke bildend, vertritt bei den Orientalen allgemein die Stelle des Rasirmessers. Man mischt 1 Th. Operment mit 9 Th. gelöschtem Kalk und Wasser zu einem Brei, mit dem man die Stellen bestreicht, von denen der Haarwuchs entfernt werden soll. Schon nach einigen Minuten kann man des Erfolges sicher sein, wenn man das Aufgetragene mit einem Falzbein abschabt. Dieses Enthaarungsmittel, welches nach R. Böttger vollständig durch das Calciumsulfhydrat ersetzt werden kann, führt den Namen Rusma (oder Rhusma). Auch zum Enthaaren der Felle kleiner Thiere in der Weissgerberei verwendet man einen ähnlichen Brei. In der Zeugdruckerei findet das Operment zur Bereitung der Opermentküpe Anwendung.

Das Quecksilber[1]).

141. Das Quecksilber (mercure, *mercury*, *quicksilver*) scheint später als Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn oder Eisen bekannt geworden zu sein. Moses spricht nicht davon und eben so wenig die älteren griechischen Schriftsteller. Theophrast (gegen 300 v. Chr.) führt es in seiner Schrift über Mineralien unter dem Namen flüssiges Silber (*χυτὸν ἄργυρον*) an. Dioskorides (im 1. Jahrh. n. Chr.)

1) Literatur: Karsten, System der Metallurgie, Bd. I p. 533 und IV p. 300; Karsten, Metallurg. Reise, Halle 1821; Phillips, Manual of metallurgy, 1852, p. 461; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 782; Schrötter, Die Chemie nach ihrem gegenwärtigen Zustande, Wien 1849, Bd. II p. 294; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 301; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865 p. 437.

giebt an, dass das Quecksilber (ὑδράργυρος, von ὕδωρ, Wasser, und ἄργυρος, Silber) aus dem Zinnober dargestellt werde. Plinius bezeichnet das in der Natur sich findende Quecksilber mit argentum vivum. Den abendländischen Chemikern war das Quecksilber von jeher bekannt.

Das Quecksilber gehört zu den seltener vorkommenden und nur sparsam in der Erdrinde vertheilten Metallen. Im festen Zustande ist es nur unvollständig bekannt, man weiss nur, dass es in diesem Zustande eine krystallinische, dehnbare, geschmeidige und zinnweisse Masse bildet. Es findet in der Technik ziemlich häufige Anwendung und wird zur Gewinnung des Goldes und Silbers aus seinen Erzen in sehr bedeutender Quantität verwendet. Das Quecksilber schmilzt bei einer Temperatur von — 39,5°, also bei einem so niedrigen Wärmegrade, wie er auf der bewohnten Erdoberfläche nur selten angetroffen wird. Es ist fast silberweiss, starkglänzend, hat ein spec. Gewicht von 13,58, dehnt sich von seinem Aufthaupunkte bis zu + 100° vollkommen gleichmässig aus und siedet bei 360°. Das Quecksilber verbindet sich mit vielen Metallen zu Verbindungen, die unter dem Namen Amalgame bekannt sind. Eisen und Platin verbinden sich nicht unmittelbar mit dem Quecksilber, eben so wenig Chrom, Nickel und Kobalt. Am wichtigsten sind die Amalgame mit Gold, Silber, Kupfer, Zinn. Die Verbindungsfähigkeit des Quecksilbers mit Blei, Antimon, Arsen und Wismuth erschwert mitunter die Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen durch die Amalgamation. Man verwendet das Quecksilber zur Scheidung einiger Metalle wie des Goldes und Silbers von seinen Erzen, zum Spiegelbeleg, in der Feuervergoldung, zur Darstellung der Quecksilberpräparate (Knallquecksilber, Zinnober, Quecksilberchlorid) etc. Für die Naturwissenschaft ist das Quecksilber ganz unentbehrlich. Ohne dasselbe würde die Gasometrie noch wenig ausgebildet sein und die Wärmelehre, so wie die Lehre vom Luftdruck noch auf einem niederen Standpunkte sich befinden.

Quecksilbererze.

142. Die wichtigsten Quecksilbererze sind folgende:

1) Gediegenes Quecksilber, zuweilen etwas Silber und Gold enthaltend, kommt fast in allen Quecksilberbergwerken, doch meist nur in geringer Quantität, in Gestalt von Tröpfchen vor, die in den Höhlungen des porösen Gesteines haften.

2) Zinnober (cinabre, vermillon, mercure sulfuré, *sulfuret of mercury*, HgS mit 86,29 Quecksilber und 13,71 Schwefel); er bricht auf Lagern und Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, im Uebergangs- und Flötzgebirge, besonders mit Quecksilber, auch mit Schwefelkies und anderen Erzen, in Begleitung von Quarz, Eisenspath, Kalkspath etc., und kommt zuweilen auch auf secundären Lagerstätten, in

losen abgerundeten Stücken vor. Die ausgezeichnetsten Fundorte des Zinnobers sind Almaden und Almadenejas in Spanien, wo er schon im Alterthume gewonnen wurde, und Idria in Krain. Ferner findet sich der Zinnober in Deutschland auf den vormals ergiebigen Lagerstätten der bayerischen Rheinpfalz, besonders bei Wolfstein, am Stahlberge, Moschellandsberge, am Potzberge bei Kusel (die jährliche Ausbeute an Quecksilbererzen in den pfälzischen Quecksilberbergwerken beträgt gegenwärtig — 1866 — nicht viel mehr als 55 Centner), zu Neumärktel in Krain, in einigen Gegenden Kärnthens, zu Eisenerz in Steiermark, Horzowitz in Böhmen, an mehreren Orten Ungarns und Siebenbürgens, zu Vallalta in Venetien, am Ural, in China und Japan, in Mexico, zu Huancavelica in Peru, und in sehr bedeutender Menge in Californien. Der Zinnober ist das Hauptquecksilbererz.

Hierbei verdient auch das Quecksilberlebererz (mine hépatique de mercure, *hepatic mercurial-ore*) Erwähnung, ein unreiner, mit vielen thonigen und bituminösen Theilen gemengter Zinnober oder auch ein zinnober- und paraffinreicher Kohlenschiefer. Das Vorkommen des Lebererzes ist, soviel bekannt, auf Krain beschränkt.

Von den übrigen Quecksilbererzen sei nur noch das Quecksilberfahlerz mit 2—15 Proc. Quecksilber erwähnt.

Das in der Natur im gediegenen Zustande vorkommende Quecksilber wird theils in den Gruben, theils bei den Aufbereitungsarbeiten nebenbei gewonnen und führt zu Idria den Namen Jungfernquecksilber. Der bei weitem grösste Theil des gediegenen Quecksilbers bleibt aber in dem Erz und wird durch die metallurgischen Arbeiten abgeschieden. Das gediegene Quecksilber ist jedoch stets nur Gegenstand der zufälligen Verarbeitung der Quecksilbererze, unter welchen man immer den Zinnober versteht. Der reine und in derber Masse sich findende Zinnober wird als Malerfarbe benutzt und nur der mit der Bergart gemengte Zinnober (Lebererz, Korallenerz und Quecksilberbranderz) zur Gewinnung des Quecksilbers benutzt. Die Art der Aufbereitung ist von der Art des Vorkommens des Zinnobers abhängig. Findet sich derselbe sehr fein eingesprengt, so befreit man die ganze erzführende Gangart durch die Handscheidung nur von dem tauben Gesteine und zerschlägt die Gangart zu kleinen Stücken, anstatt dieselbe durch die Poch- und Wascharbeit anzureichern und zu Schlich zu ziehen. Vorbereitende Arbeiten kommen bei den Quecksilbererzen nicht vor, da der Zinnober durch atmosphärische Luft, durch Kohle und Kalk schon sehr leicht zersetzt wird.

Gewinnung des Quecksilbers.

143. Die Gewinnung des Quecksilbers aus dem Zinnober gründet sich darauf, dass daraus der Schwefel abgeschieden und das frei ge-

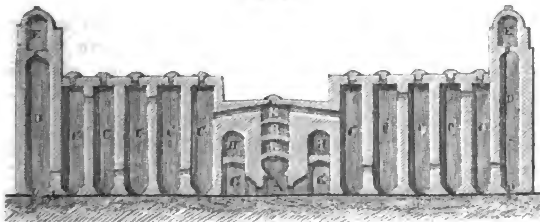
wordene Quecksilber bei etwas über 360° in Dämpfe verwandelt wird, welche in geeigneten Gefässen condensirt werden. Die Abscheidung des Schwefels kann geschehen:

1) Durch Röstung des Zinnobers,
   a) in Schachtöfen,
      α) wobei die Verdichtung der Quecksilberdämpfe in gemauerten oder eisernen Kammern vor sich geht, wie in Idria;
      β) oder in röhrenartig zusammengefügten Thongefässen (Aludeln), wie zu Almaden in Spanien;
   b) in Flammenöfen, ein neueres in Idria und zu Vallalta in Venetien angewendetes Verfahren.
2) Durch Zerlegen des Zinnobers in geschlossenen Räumen (in Gefässöfen) durch Zuschläge,
   a) durch Eisenhammerschlag in Glockenöfen zu Horzowitz in Böhmen;
   b) durch Kalk in eisernen Retorten in der Rheinpfalz;
   c) durch Kalk in Thonretorten zu Szalathna in Siebenbürgen.

Gewinnung des Quecksilbers durch Röstung in Schachtöfen.

144. Verfahren zu Idria. Das grosse Quecksilberbergwerk in der Bergstadt Idria in einem Tiefthale der Krainer Alpenkette wurde von Venetianern gegen das Jahr 1497 angelegt und erst in der letzten Hälfte des 16. Jahrhunderts kam das Werk in Besitz der österreichischen Regierung. Das in einem bituminösen Mergelschiefer vorkommende Zinnobererz wird zuerst in der Grube geschieden und die reichen Stufen werden von den Bergleuten besonders ausgehalten und dann sofort der Destillation unterworfen, während das Grubenklein dagegen erst gewaschen, gesetzt und geklaubt werden muss. Fig. 47, 48 und 49 versinnlichen den in Idria angewendeten älteren Quecksilberofen. *A* ist

Fig. 47.

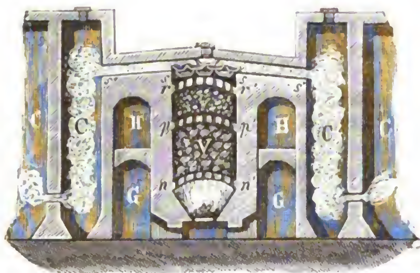


ein Röstofen, welcher auf beiden Seiten mit einer Reihe von Condensationskammern *C, C ... D* in Verbindung steht. Auf das mit zahlreichen Oeffnungen versehene Gewölbe *n n'* des Ofens schüttet man das zu röstende Erz und füllt den Raum *I* vollständig damit an; auf das Gewölbe *p, p'* kommen die kleineren Erzstücke, endlich auf *r, r'* bringt man Schalen mit dem pulverigen Erze, dem quecksilberhaltigen Staube, welcher in den Condensationsräumen sich absetzt und die Rückstände früherer Operationen.

Fig. 48.



Fig. 49.



Nachdem der Ofen beschickt ist, entzündet man das Brennmaterial, gewöhnlich Buchenholz, auf dem Rost. Man steigert nach und nach die Hitze bis zum Dunkelrothglühen und erhält sie darin 10—12 Stunden. Durch den stattfindenden starken Zug aus kleinen Kanälen, welche von den Räumen *G, G* und *H, H* ausgehen, gelangt die zum Rösten des Schwefelquecksilber erforderliche Luft in den Ofen. Durch die hohe Temperatur entweicht der Zinnober aus dem Erz in Dampfgestalt und verwandelt sich durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft in schweflige Säure und metallisches Quecksilber ($HgS + 2\,O = SO_2 + Hg$). Die Verbrennungsproducte entweichen durch das Rohr *c* in die massiven, mit Cement überzogenen Verdichtungskammern *C C* .... etc., deren Sohle aus festgestampftem Thon in Form zweier gegen einander geneigter Ebenen besteht, von welchen das condensirte Quecksilber in einer Steinrinne in ein Reservoir aus Porphyr abfliesst. In der letzten Kammer fliesst aus dem Wasserbehälter fortwährend kaltes Wasser ein. Die letzten Spuren von Quecksilber verdichten sich in den Rauchkammern *D, D*. Das erhaltene Quecksilber wird von den beigemengten Unreinigkeiten (Staub und Russ) durch Filtriren durch Zeugbeutel be-

freit. Die quecksilberhaltigen Rückstände kommen, wie bemerkt, in Schalen in den Röstofen zurück.

Um Brennmaterial und Zeit zu ersparen, hat man in der neueren Zeit in Idria Versuche mit **Flammenöfen** angestellt, welche eine ununterbrochene Quecksilberdestillation gestatten; es hat sich dabei besonders der **Flammenofen von Alberti**, namentlich zur Auf-

Fig. 50.

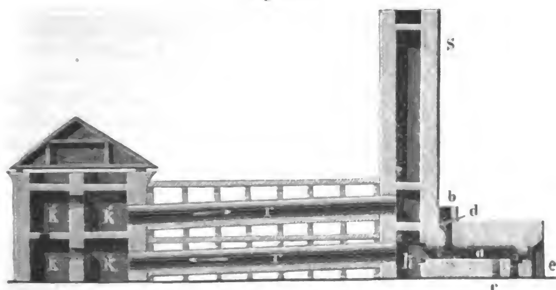


Fig. 51.

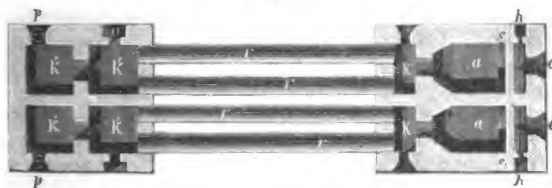
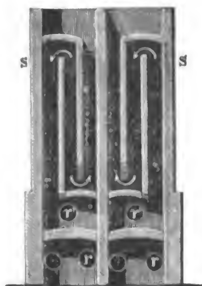


Fig. 52.



arbeitung des armen Erzkleines bewährt. Die Einrichtung dieser Oefen ist aus Fig. 50, 51 und 52 ersichtlich. Nachdem der Ofen geheizt worden ist, werden die Erze durch *b* in Posten von 50 Centnern auf den flachen Herd gebracht. Mit der Flamme gelangt genügend Luft auf den Herd, um allen Zinnober zu zersetzen. Von dem Herde aus geht die Flamme in die Vorkammer *k*, welche durch ein Gewölbe von dem darüber befindlichen Schornstein getrennt ist. Von hier aus gelangen die Gase und Dämpfe durch die beiden Röhren *r*, *r* in grosse Kammern *k'*, *k'*, welche zwei Etagen über einander

bilden. Aus den oberen Kammern gehen die Gase durch das Rohr *r'* in den Schornstein, der, wie Fig. 52 zeigt, durch Wände so abgetheilt ist, dass die Gase erst einen langen Weg zurücklegen müssen, ehe sie an die Luft treten. Alle 3—4 Stunden zieht man das vordere, der Feuerung zunächst liegende Drittheil der Erzpost, welches dann abgeröstet ist, in die Brandgasse *c*, holt das übrige Erz nach vorn und giebt neues Erz auf den Herd. Nur beim Abziehen und Wenden des Erzes ist die Arbeitsthür *e* geöffnet, sonst bleibt dieselbe, wie auch die Heizthür *h* geschlossen. Ein kleiner Theil des Quecksilbers sammelt sich am Boden der Verdichtungskammer *k'* in dort befindlichen Kapellen *p* an, der grösste Theil verdichtet sich in den Röhren *r*, *r*, welche durch fliessendes Wasser gekühlt werden. Es ist mit Russ und Staub gemengt und heisst Stupp. Es wird auf Schüsseln getrocknet und dann auf einer hölzernen geneigten Bühne abgerieben, wobei das Metall abfliesst. Der Rückstand wird auf Schalen in die erste Kammer (Vorkammer) gebracht, wo sie während des Brennens ihren Quecksilbergehalt verlieren.

145. Verfahren in Spanien. Die Quecksilberlagerstätten zu Almaden und Almadenejas in der Provinz la Mancha werden schon seit dem frühesten Alterthum ausgebeutet. Plinius erzählt, dass die Griechen siebenhundert Jahre vor unserer Zeitrechnung aus Spanien Zinnober holten. Später brachten die Römer unter dem Namen Minium über 100,000 Pfund Zinnober jährlich nach der Hauptstadt ihres Reiches. Die Mächtigkeit der Gänge ist so bedeutend, dass ungeachtet des seit langen Jahrhunderten dauernden Bergbaues, die Gruben bis jetzt nur wenig über 900 Fuss Tiefe erlangt haben. Bis zum Jahre 1645 wandte man in Almaden irdene Retorten an, welche man mit einem Gemenge von Erz und Kalk beschickte. Juan Alonzo Bustamente führte um jene Zeit einen Ofen ein, der, obgleich er seinem Zwecke nur unvollkommen entsprach, dennoch angenommen wurde. Bei der Einrichtung in Almaden geschieht die Verdichtung der Quecksilberdämpfe in Aludeln, d. i. birnförmigen, an beiden Enden offenen Gefässen von gebranntem Thon, welche so in einander gefügt werden, dass, wie Fig. 53 zeigt, das dünnere Ende des einen in das weitere des anderen passt, und dass nach dem Lutiren der Fugen mit Thon und Asche lange Reihen — Aludelschnüre — entstehen. Der Ofen *A* (Fig. 54 und 55) ist ein cylindrischer Schachtofen, der durch ein durchbrochenes Gewölbe in drei Abtheilungen getheilt ist. In der untern Abtheilung wird gefeuert, in die obere wird das Erz gebracht, in der Weise, dass zu unterst grosse Stücke eines zinnoberhaltigen Sandsteines gebracht

Fig. 53.



Fig. 54.

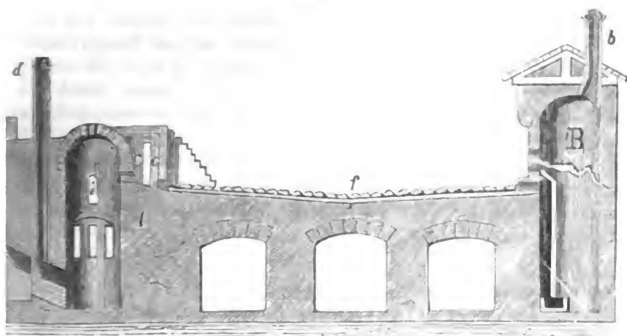
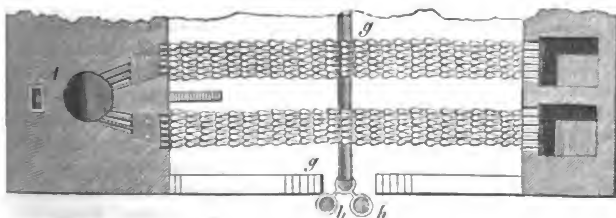


Fig. 55.



werden, der wegen geringen Gehaltes keine weitere Scheidung zulässt: auf diese Steine bringt man das reiche Erz. Ein Gewölbe schliesst oben den Ofen; die Oeffnung zum Eintragen der obersten Schichten ist mit einer lutirten Thonplatte bedeckt. Die Dämpfe treten zuerst in die Kammern *c c* und dann in die zwölf Aludelreihen. Jede Reihe ist 65 bis 66 Fuss lang und zählt 44 Aludeln; es sind demnach 528 Aludeln in jedem Ofen. Die Reihen liegen auf dem geneigten Aludelplan. Aus der am tiefsten Punkte liegenden Aludel bei *f* fliesst das verdichtete Quecksilber durch eine Rinne *g* in die steinernen Behälter *h h*. Die in den Aludeln nicht verdichteten Dämpfe gelangen in die Kammer *B*, wo sie sich vollständig niederschlagen. Der Rauch entweicht durch den Schornstein *b*. Man feuert mit Reisig 15—18 Stunden lang. Der Apparat braucht drei Tage zum Erkalten. Nach Ablauf dieser Zeit nimmt man die Aludeln auseinander, räumt den Ofen aus, besetzt ihn von Neuem etc. Das mit Russ verunreinigte Quecksilber wird dadurch gereinigt, dass man es über eine etwas geneigte Fläche fliessen lässt.

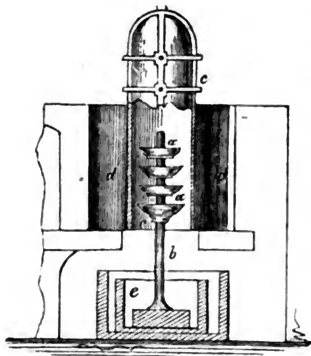
Der Russ adhärirt der Fläche, während das Quecksilber ziemlich rei in einen Sumpf abfliesst. Der russige Staub wird ebenso wie der i der Kammer *B* sich ansammelnde gesammelt und von Neuem destillirt Die in dem Ofen eingesetzte Erzmasse beträgt 250—300 Centner welche 25—30, zuweilen, obgleich selten, 60 Centner liefert. Da Quecksilber wird in schafledernen Beuteln oder auch in schmiedeeiserne Flaschen versendet.

Die vielen Lutirungen der Aludeln, so wie die Zerbrechlichkeit derselben machen diese Art der Condensation zu einer höchst unvollkommnen; man hat daher in neuerer Zeit Idrianer Schachtöfen mit Kammer-Condensation gebaut.

Gewinnung des Quecksilbers durch Zerlegen des Schwefelquecksilbers durch Zuschläge.

146. Verfahren zu Horzowitz in Böhmen. Der mit Thoneisenstein brechende Zinnober wird mit $^1/_4$—$^1/_3$ Eisenhammerschlag (Eisenoxydul-Oxyd) beschickt und in einem Glockenofen (Fig. 56) auf eiserne Teller oder Schalen *a* gebracht, die an einem eisernen Dorne befestigt und mit einer eisernen, in Wasser tauchenden Glocke *c c* bedeckt sind. Die Glocke befindet sich in dem gemauerten Ofenschachte *d d* und wird durch Steinkohlenfeuer zum Glühen gebracht. Das niederfallende Quecksilber sammelt sich in dem Wasser in *e* an. Jede Glocke, deren sechs in einem Ofen sich befinden, enthält $^1/_2$ Centner Erz und $^1/_4$ Centner Hammerschlag, zu deren Verarbeitung 30—36 Stunden erforderlich sind.

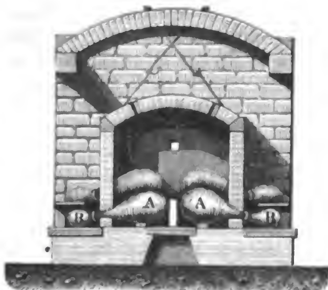
Fig. 56.



Verfahren in der bayerischen Rheinpfalz. Die Gruben am Rosswalde bei Stahlberg, nördlich von Rockenhausen, wurden schon unter Stephan, dem ersten Herzoge von Zweibrücken, im Jahre 1410 eröffnet. Man gewann anfänglich Eisenkies und silberhaltige Kupfererze und lernte erst später das Zugutemachen der Quecksilbererze. Etwas neuer als die Gruben am Stahlberge sind jene im Landsberge bei Moschel, im Potzberge bei Kusel und bei Wolfstein: übrigens fallen Entdeckung und Benutzung der dortigen Quecksilbererzlagerstätten gleichfalls ins 15. Jahrhundert. Der Zinnober ist in Sand-

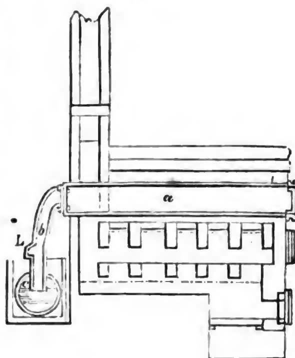
stein eingesprengt. Der Quecksilbergehalt des Gesteines macht gewöhnlich 0,005 und zuweilen 0,01 Proc. aus. Soll die Ausbeute an Quecksilber die Kosten des Ausbringens lohnen, so muss der Quecksilbergehalt des Erzes $^1/_{600}$ betragen. Man nimmt die Zersetzung des Schwefelquecksilbers in irdenen oder eisernen Retorten *A*, *A* (Fig. 57), ähnlich denen, wie sie zur Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure Anwendung finden, von denen 40—60 Stück in einem Galeerenofen liegen, durch Kalk vor, wobei Quecksilberdämpfe entweichen, die in den irdenen Vorlagen *B*, *B*, die etwas Wasser enthalten und gut lutirt sind, verdichtet werden und ein Gemenge von Schwefelcalcium, unterschwefligsaurem und schwefelsaurem Kalk zurückbleibt. Zu Obermoschel enthält jede Retorte ein Gemenge von 40 Pfund reichem Erz und 15—18 Pfund Kalk, und ist mit einer thönernen Vorlage versehen, welche zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Die zusammengefügten Stellen werden mit Lehm lutirt. Man steigert allmälig die Hitze bis zum Rothglühen. Jede Operation dauert zehn Stunden. Nach deren Beendigung wird der Inhalt der Vorlagen in ein mit Wasser gefülltes Thonbecken gezogen und darin verwaschen; das Quecksilber bleibt darin zurück, das Wasser aber fliesst nebst einem schwarzen Pulver (Quecksilberschwarz), wahrscheinlich aus fein zertheiltem Quecksilber und Schwefelquecksilber bestehend, ab. Dieses schwarze Pulver wird gesammelt und mit Kalk einer neuen Destillation unterworfen. Am Landsberge werden sämmtliche Retorten jedesmal mit 5 Centner Erz und 1—2 Centner Kalk besetzt. Die Destillation dauert sechs Stunden. Drei Destillationen liefern ungefähr $^1/_2$ Centner Quecksilber.

Fig. 57.



Ein anderer, in der neueren Zeit am Landsberge eingerichteter Destillirapparat, welcher sich durch vollkommene Verdichtung der Quecksilberdämpfe auszeichnet, ist Fig. 58

Fig. 58.



im Durchschnitt abgebildet. Dieser Apparat enthält eine Reihe eiserner Retorten *a*, welche nach Art der Gasretorten über einer Feuerung eingemauert sind. Die Mündung der Retorte ist durch eine Platte verschlossen, während von dem anderen Ende ein Rohr *b* nach abwärts geht und bei *L* mit einer Dille versehen ist, die mit einem Schraubenpflock verschlossen wird. Durch *L* kann man einen Eisendraht einführen, um sich zu überzeugen, dass das Rohr rein und frei von Quecksilberschwarz ist. Die Condensationsvorrichtung besteht aus einem zur Hälfte mit Wasser angefüllten Gefässe *c*; das Rohr *b* taucht etwa einen Zoll tief in das Wasser ein. Aus diesem Gefässe fliesst das Quecksilber durch eine Röhre in einen eisernen Kasten. In einem Ofen befinden sich neun Retorten, jede Retorte nimmt 5 Centner Erz auf. Es können mit diesen neun Retorten in 24 Stunden 360 Centner Erz verarbeitet werden.

Zu Neu-Almaden in Californien werden die Zinnobererze mit gepulvertem gebranntem Kalk gemengt aus eisernen Retorten destillirt und die entweichenden Quecksilberdämpfe nach ihrem Austritt aus den Retorten in einem vertikalen konischen Recipienten condensirt, welcher durch tropfendes Wasser kühl erhalten wird. Nach beendigter Destillation wird das Wasser durch einen in der Spitze des Conus angebrachten Hahn abgelassen.

Das Verfahren zu Szalathna in Siebenbürgen weicht von dem pfälzischen nur durch die thönernen Retorten, die man dort anwendet, ab.

Zu Altwasser in Ungarn gewinnt man Quecksilber durch Rösten von Quecksilberfahlerzen in Stadeln (auf einem Röstbett von Holz) und Auswaschen des in die oberen Erzschichten sublimirenden Quecksilbers. Die durch Rösten vom Quecksilber befreiten Erze werden auf Silber und Kupfer verschmolzen.

Quecksilberproduction.

147. Man schätzt die Quecksilberproduction der Erde jährlich auf 61,000 Centner, wovon auf

Spanien	20,000	Centner
Californien	35,500	,,
Peru	3000	,,
Deutschland, Oesterreich, Frankreich	2500	,,

kommen. Die Grösse der Production China's ist nicht bekannt.

Das Platin[1]).

148. Das Platin (platine, *platinum*) wurde 1736 im Sande des Flusses Pinto in Choco (Neugranada) in Südamerika entdeckt, 1741 nach Europa gebracht und von Antonio de Ulloa, einem Spanier, näher beschrieben. 1752 wurde es von dem Schweden Scheffer zuerst als ein eigenthümliches Metall bestimmt und von Chabaneau in Frankreich, welcher zuerst das Platin in Barrenform darstellte, in technischer Hinsicht untersucht. Der Name ist dem Spanischen *Platinja* nachgebildet und bedeutet so viel, als dem Silber ähnlich, von *Plata*, Silber. In Südamerika findet sich das Platin vorzüglich im Sande des Flusses Pinto, auch kommt es in Brasilien und auf St. Domingo vor. 1822 wurde es am Ural entdeckt; diese Entdeckung wurde 1823 durch Lubarski bestätigt. In neuerer Zeit hat man das Platin in geringen Mengen an vielen Orten der Erdoberfläche, so auf Borneo, in Ostindien und Australien, in Frankreich, in den Alpen etc. angetroffen. v. Pettenkofer hat sogar nachgewiesen, dass alles Silber, welches nicht direct aus einer Scheidung herrührt, einen kleinen Platingehalt habe.

Das Platin findet sich selten auf der ursprünglichen Lagerstätte, sondern in aufgeschwemmten Massen, im losen Gemenge mit Gold, Iridium-Osmium, Magneteisenstein, Chromeisenstein, Quarz, Zirkon. Am Ural ist das Platin von Geschieben von verschiedenen Gebirgsarten, vorzüglich aber von Serpentin begleitet. Hierdurch, sowie durch das gemeinschaftliche Vorkommen des Chromeisens, welches mit den grösseren Platingeschieben häufig verwachsen ist und auch in den Serpentingeschieben sich findet, wird es nach Boussingault und nach G. Rose sehr wahrscheinlich, dass Serpentin das ursprüngliche Muttergestein des Platins ist. Das in der Natur sich findende gediegene Platin (Platinerz, rohes Platin) enthält 73,58 bis 86,50 Proc. Platin, ausserdem neben Gold und Eisen die fortwährenden Begleiter des Platins: Iridium, Rhodium, Osmium, Palladium und Ruthenium; nicht selten ist es mit Körnern von Osmium-Iridium, Gold, Chromeisen, Titaneisen, Spinell, Zirkon und Quarz gemengt. Der Durchschnittsgehalt an Platin in den verschiedenen Platinerzen ist nach Deville bei Erzen aus

Columbia	76,8—86,20	Proc.
Californien	76,5—85,50	,,
Oregon	50,45	,,

1) Literatur: Karsten, System der Metallurgie, Bd. I p. 233; Zerrenner, Anleitung zum Gold-, Platin- und Diamantwaschen, Leipzig 1861, p. XXI; Stohmann, Encyclopädie der techn. Chemie, 1860, Bd. III p. 950; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 421; Claus, Beiträge zur Chemie der Platinmetalle, Dorpat 1854; H. Deville und Debray, Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie 1859 p. 81; 1860 p. 102; 1861 p. 98.

Australien	59,80—61,40 Proc.
Sibirien	73,5—78,9 „
Borneo	57,75—70,21 „

Die jährliche Ausbeute an Platin beträgt 3400 bis 4600 Pfund, wovon auf den Ural 3800—4000 Pfd., auf Columbia und Brasilien 600 Pfd. kommen.

Der Werth des Platins zu dem des Silbers verhält sich wie 5 bis 5,5 : 1.

149. Das Platin ist von silberweisser, doch etwas ins Stahlgraue gehender Farbe, sehr glänzend, hämmer- und streckbar und so weich, dass es mit der Scheere geschnitten werden kann. Es lässt sich zu fast mikroskopischen Drähten ausziehen. Das specifische Gewicht des Platins ist 21,0—23,0. Bei dem gewöhnlichen Ofenfeuer ist das Platin fast gänzlich unschmelzbar, erweicht aber und lässt sich in diesem Zustande schweissen. Von dem von Deville construirten Sauerstoffgebläse kann das Platin in jeder beliebigen Menge geschmolzen werden. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1460—1480°. Um die technische Anwendung (resp. Verarbeitung) des Platins haben sich in neuerer Zeit Heraeus in Hanau, Chapuis in Paris und Matthey in London höchst verdient gemacht. Es dient zur Anfertigung vieler technischen und chemischen Apparate, die durch hohe Temperatur und die meisten Agentien nicht angegriffen werden, nichtsdestoweniger aber mit grosser Vorsicht zu behandeln und namentlich vor der Berührung mit Chlor, Schwefellebern, ätzenden Alkalien, schmelzendem Salpeter, geschmolzenen Metallen und leicht reducirbaren Metalloxyden zu hüten sind. Man fertigt aus dem Platin Bleche, Drähte, Tiegel, Löffel, Löthrohrspitzen, Zangen, Retorten und Kessel für Schwefelsäurefabriken und Affinirwerkstätten; man benutzt es ferner zu galvanischen Elementen, zu Galanteriewaaren, zum Ueberziehen von Porcellan, Steingut und Glas. In der Porcellanmalerei verwendet man es zur Hervorrufung eines grauen Tones. In Russland hat man seit dem Jahre 1828 Platin zu Münzen (3-, 6- und 12-Rubelstücke) ausgeprägt; nach der Ukase vom 22. Juni 1845 ist aber die Ausprägung von Platinmünzen (die im Ganzen 14,250 Kilogr. ausmachte) wieder eingestellt worden. Die umlaufenden Münzen hat man zurückgezogen. In Frankreich fertigt man gegenwärtig aus Platin Preismedaillen und Denkmünzen. (Die erste Platinmünze wurde im Jahre 1799 durch den Graveur Duvivier geprägt; sie trug das Bildniss des Ersten Consuls. Im Jahre 1788 ward Ludwig XVI. eine Taschenuhr überreicht, in welcher die Axe und die Zähne des Steigrades aus Platin gefertigt waren.) Platindrahtgewebe werden durch eine Wasserstoffgasflamme glühend gemacht, als Leuchtmittel (Platingas) benutzt. Legirungen von Platin mit Iridium, Rhodium etc. haben in neuer Zeit vielfache Anwendung anstatt des Platins gefunden.

Die Anwendung des fein zertheilten Platins als Platinschwamm und Platinmohr zu den Döbereiner'schen Wasserstoffeuerzeugen und auch versuchsweise zur Ueberführung von Alkohol in Essig sei auch nebenher erwähnt.

Gewinnung des Platins aus seinen Erzen.

150. Das metallische Platin wurde früher aus dem Platinerz auf folgende Weise gewonnen. Nach dem Waschen werden die Erze bis zum Glühen erhitzt und darauf mit Salzsäure behandelt. Darauf übergiesst man die Erze mit kaltem Königswasser, um das Gold zu entfernen, filtrirt ab und behandelt den Rückstand in einer Retorte von Neuem mit Königswasser. Die abdestillirte Flüssigkeit enthält Osmiumsäure, der ungelöste Rückstand Osmium-Iridium, Ruthenium, Chromeisenstein und Titaneisen, während in der Flüssigkeit Palladium, Platin, Rhodium und eine geringe Menge Iridium enthalten sind. Diese Lösung wird mittelst kohlensauren Natrons neutralisirt und mit einer Lösung von Cyanquecksilber versetzt, wodurch das Palladium als Cyanpalladium ausgeschieden wird. Die vom Cyanpalladium abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Abdampfen concentrirt und mit einer gesättigten Lösung von Salmiak versetzt, wodurch Platinsalmiak ($Pt Cl_2, NH_4 Cl$) mit einer Spur Iridium gefällt wird. Für die technische Anwendung ist diese geringe Beimengung von Iridium nicht nachtheilig, weil sie dem Platin die zum Verarbeiten nöthige Härte ertheilt. Der Platinsalmiak wird getrocknet und geglüht, wodurch das metallische Platin als schwammige Masse, als Platinschwamm (éponge de platine, mousse de pl.) zurückbleibt.

Nach Hess besteht die Kostbarkeit der Behandlung der Platinerze hauptsächlich darin, dass dieselben sehr schwierig vom Königswasser angegriffen werden, von welchem sie das 8—10fache ihres Gewichts erfordern. Dies wird nach folgendem, schon früher von Descotils empfohlenen Verfahren vermieden. Man schmilzt das Erz mit der 2- bis 3fachen Gewichtsmenge Zink zusammen. Die entstehende gleichartige und spröde Legirung wird gepulvert und gesiebt und mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, welche der Legirung das Zink und den grössten Theil des Eisens entzieht. Der sehr fein zertheilte Rückstand wird mit Salpetersäure behandelt, in welcher sich Kupfer, Blei und zuweilen Palladium auflöst. Der Rückstand wird wie gewöhnlich mit Königswasser behandelt und löst sich seiner grossen Vertheilung wegen sehr leicht. Jeanetty (in Paris) machte das Platin durch Zusatz von Arsen leicht schmelzbar und entfernte das Arsen durch Verflüchtigen.

Den erhaltenen Platinschwamm verwandelt man durch Pressen in eine cohärente Masse. Nach Wollaston presst man das Platinpulver in messingenen oder eisernen Cylindern mit stählernen Kolben zu einem harten und festen Stück zusammen, das man zuerst bis zum Rothglühen

erhitzt, um alles Wasser auszutreiben und ihm grössere Cohäsion zu ertheilen. Hierauf setzt man die Masse einem starken Windofenfeuer aus. Nachdem die Masse aus dem Ofen genommen worden ist, bearbeitet man sie unter dem Hammer. Nunmehr kann dem Stück durch abwechselndes Erhitzen und Hämmern die gewünschte Form gegeben werden. Nachdem der Cylinder ausgehämmert ist, reinigt man seine Oberfläche, indem man ihn mit einem feuchten Gemenge von gleichen Theilen Borax und Weinstein überzieht und glüht. Nach dem Glühen bringt man das Platin in verdünnte Schwefelsäure, welche sehr bald den Fluss auflöst. Das so erhaltene Platin kann zu Draht ausgezogen und zu Blättchen ausgeschlagen werden. M. v. Pettenkofer hat die Methode von Wollaston verbessert, indem er zunächst iridiumfreien Platinschwamm darstellt; dies geschieht, indem auf die gewöhnliche Weise bereiteter Platinschwamm in Königswasser aufgelöst, aus der Lösung durch Salmiak Platinsalmiak gefällt, letzterer gelinde ausgeglüht, der erhaltene lockere Schwamm mit Salpetersäure ausgekocht und hierauf mit Wasser gut ausgewaschen wird. Der mit Wasser zu einem Brei angerührte Schwamm wird in viereckigen gusseisernen Formen gepresst und das erhaltene Platinstück unter wiederholtem Erhitzen bis zum Weissglühen auf einem Ambos ausgehämmert, das Blech zur Reinigung der Oberfläche mit einem Gemenge von Borax und Potasche bestreut und erhitzt.

151. Vorstehendes Verfahren ist gegenwärtig gänzlich durch das von H. Deville und Debray ersetzt, welches darauf beruht, dass metallisches Blei im geschmolzenen Zustande alle Metalle des Platinerzes auflöst, mit alleiniger Ausnahme des Osmium-Iridiums und des Eisens. Man schmilzt das Platinerz in einem geheizten Flammenofen mit dem gleichen Gewicht Bleiglanz zusammen, wobei das in dem Erz enthaltene Eisen einen Theil des Bleiglanzes zersetzt und daraus metallisches Blei ausscheidet, und erhält dadurch einen Regulus (aus Platin-Blei bestehend), auf dessen Grund das Osmium-Iridium sich befindet, während auf dem Regulus Bleistein schwimmt. Das bleihaltige Platin wird hierauf auf dem Treibherde abgetrieben, wobei alle fremden Metalle sich verflüchtigen oder sich in die Herdmasse ziehen und das zurückbleibende Platin durch Umschmelzen in Kalktiegeln gefeint. Der Kalk wirkt hierbei auf alle noch vorhandenen Unreinigkeiten wie Silicium, Eisen, Kupfer etc. ein und verwandelt sie in schmelzbare Verbindungen, die sich in die poröse Masse der Schmelzgefässe ziehen. Das Heizmaterial ist eine Leuchtgasflamme, welche von Sauerstoffgas angeblasen wird. Zum Schmelzen von 1 Kilogr. Platin braucht man 100 Liter Sauerstoff und 300 Liter Leuchtgas. Die Firma Johnson, Matthey u. Co. in London hatte auf der Ausstellung des Jahres 1862 durch einen massiven $2^1/_3$ Ctr. schweren Block reinen geschmolzenen Platins (im Werth von 3840 Liv. Sterling = 46,080 Gulden s. W.) eine Probe dafür abgelegt, dass sie die Schmelzung der grössten Massen Platin, die je auf einmal zur Ver-

arbeitung kommen dürften, nach Deville's Schmelzmethode völlig in der Hand hat.

Da das geschmolzene und gefeinte Platin in vieler Hinsicht Vorzüge vor dem geschweissten Metalle hat, so verarbeitet man jetzt allgemein in den Fabriken, welche sich mit der Anfertigung von Platingeräthen befassen, das geschmolzene Metall, namentlich giebt man demselben seiner Weichheit wegen den Vorzug, wenn es sich um das Plattiren anderer Metalle handelt.

Das Silber [1]).

152. Das Silber (argent, *silver*) gehört zu den am frühsten bekannten Metallen; Moses erwähnt bereits des Silbers. In mehreren der ältern Sprachen deutet die Bezeichnung dieses Metalls auf seine Farbe hin, so z. B. in der griechischen (ἄργυρος Silber; ἀργός weiss).

Das reine Silber (Feinsilber) ist von rein weisser Farbe und von starkem Glanz, der durch Politur ausserordentlich erhöht wird. Auf dem frischen Bruche hat es ein mehr geflossenes und dichtes, als ein hakiges Ansehen. Es ist weicher als Kupfer, aber härter als Gold. Im reinen Zustande ist es am weichsten und besitzt einen dumpfen Klang. Es ist ausserordentlich dehnbar und geschmeidig und übertrifft in dieser Beziehung mit Ausnahme des Goldes alle übrigen Metalle. Höchst geringe Beimischungen anderer Metalle vermindern die Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit; ein Kupfergehalt ist dagegen nicht nachtheilig, ein Goldgehalt sogar vortheilhaft. Sehr nachtheilig ist dagegen ein Gehalt von Blei und Antimon. Durch Schmelzen mit Kohle verliert das Silber an Geschmeidigkeit und erhält bei der Bearbeitung unter dem Hammer und Walzwerk Risse und Sprünge. Durch das Umschmelzen des Silbers im Graphittiegel wird das Silber in seinen Eigenschaften nicht verändert. Das specifische Gewicht des Silbers ist ungefähr 10,5 und kann durch Hämmern bis auf 10,7 erhöht werden. Die absolute Festigkeit des Silbers ist geringer als jene des Kupfers; sie beträgt, auf einen Quadratzoll reducirt, für gegossenes Silber 36,500 Pfd. (?), für hartgezogenen Draht 40,000 bis 52,400, für geglühten Draht 22,800 bis 24,700 Pfd. In der Wärme dehnt es sich von 0 bis 100° um $^1/_{524}$ aus und schmilzt

---

1) Literatur: Karsten, System der Metallurgie, Berlin 1832, Bd. V p. 400; Wehrle, Lehrbuch der Probir- und Hüttenkunde, Wien 1832. Bd. II p. 396: Rivot, Traité de métallurgie, Paris 1860, Tome II p. 617; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 1—321; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 227—278; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865 p. 358—425; Wagner, Jahresbericht der chem. Technologie, Leipzig 1855—66 (XI Bde.).

nach Deville bei 916°. Bei sehr hoher Temperatur, die nur durch das Knallgasgebläse, durch Brennspiegel oder durch galvanische Batterien hervorgebracht werden kann, verflüchtigt sich das Silber. Im geschmolzenen Zustande und bei Luftzutritt absorbirt das Silber Sauerstoffgas, welches erst bei dem Erkalten des Silbers, oft mit Geräusch und unter Umherspritzen von flüssigem Silber entweicht (Spratzen oder Sprützen des Silbers). Enthält das Silber eine geringe Quantität Blei oder etwa 1 Proc. Kupfer, so erstarrt es ruhig mit concaver Oberfläche, indem es nach dem Erkalten ein geringeres Volumen einnimmt, als im geschmolzenen Zustande. Auch unter einer Decke von Kohlenstaub erstarrt geschmolzenes Silber ohne Spratzen. Das Silber wird von schwachen Säuren nicht angegriffen, von Salpetersäure aber schon in der Kälte, von concentrirter Schwefelsäure beim Erhitzen gelöst.

Der grösste Theil des Silbers wird (mit Kupfer oder auch mit Neusilber legirt) zu Geräthschaften und Münzen verarbeitet. Ein namhafter Silberverbrauch ist auch durch die Photographie entstanden, indem jährlich gegen 1400 Ctr. Silber (im Werthe von 4,200,000 Thlrn.) zu salpetersaurem Silberoxyd verarbeitet werden, von welchen sicher nicht 1 pro Mille in die Circulation zurückkehrt.

Silbererze.

153. Man unterscheidet 1) eigentliche Silbererze, in welchen das Silber einen Hauptbestandtheil ausmacht, und 2) solche Erze, welche ausser einem geringen Gehalte an Silber noch andere nutzbare oder nicht nutzbare Metalle enthalten.

Zu den eigentlichen Silbererzen rechnet man folgende:

1) Gediegenes Silber enthält zuweilen einige Procente Antimon und Kupfer und Arsenik, und kommt auf Gängen, selten auf Lagern in den krystallinischen Schiefern, vorzüglich im Gneuss, Glimmer und Hornblendeschiefer, ferner im Granit, Syenit, Porphyr, im Uebergangs- und älteren Flötzgebirge vor, in Begleitung von Arsenik, Silberglanz, Rothgültigerz und anderen Mineralien, namentlich mit Kalkspath, Flussspath, Quarz, Hornstein. Ausgezeichnete Fundorte sind: Freiberg, Johann-Georgenstadt in Sachsen, Andreasberg am Harz, Joachimsthal, Przibram in Böhmen, Schemnitz in Ungarn, Kongsberg in Norwegen, in Sibirien, Mexico, Peru etc.

2) Antimonsilber (argent antimonial, *antimonial silver*, $Ag_4 Sb$ und $Ag_6 Sb$, enthält nach ersterer Formel 77 Silber und 23 Antimon) findet sich am ausgezeichnetsten zu Andreasberg am Harz und ist für das Silberausbringen daselbst von grosser Wichtigkeit.

3) Silberglanz, Glaserz, Weichgewächs (argent sulfuré, argent vitreux, *silver-glance*, $Ag S$ mit 87 Silber und 13 Schwefel) findet sich häufig und ausgezeichnet in Sachsen, Böhmen, Ungarn und Norwegen

und gehört zu den wichtigsten Silbererzen. Die Geschmeidigkeit dieses Erzes ist so gross, dass es in reinen Stücken sich vollkommen prägen lässt.

4) Sprödglaserz, Schwarzgültigerz (argent sulfuré noir, *brittle silver-glance*, SbS_3, $6AgS$ mit 70,3 Silber, 13,9 Antimon und 15,8 Schwefel) findet sich vorzüglich in Sachsen, Böhmen und Ungarn und ist ein wichtiges Silbererz.

5) Rothgültigerz (Silberblende, Pyrargyrit) in seinen beiden Varietäten Dunkles und Lichtes Rothgültigerz:

α) Dunkles Rothgültigerz (Antimonsilberblende, argent rouge, argent sulfuré antimoinié, *red silver-ore, antimoniated sulphuret of silver*, $SbS_3 + 3AgS$ mit 58,98 Silber, 23,46 Antimon und 17,56 Schwefel);

β) Lichtes Rothgültigerz (Arsensilberblende, Rubinblende, $AsS_3 + 3AgS$ mit 65,38 Silber, 15,16 Arsen und 19,46 Schwefel, ein Theil des Arsens ist häufig durch Antimon ersetzt).

Das Rothgültigerz findet sich auf Gängen im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, im Granit, Trachyt, mit Arsen, Silberglanz, Sprödglaserz, Bleiglanz, Zinkblende u. s. w., begleitet von Kalkspath, Braunspath, Quarz u. s. w., zu Freiberg, Schneeberg, Johann-Georgenstadt, Przibram, Joachimsthal, Andreasberg, Kongsberg, Ungarn, Mexico.

6) Weissgültigerz (Silberfahlerz $(FeS, ZnS, Cu_2S)_4$, $SbS_3 + (PbS, AgS)_4$, SbS_3) mit 18—31,8 Silber und 14,81—26 Kupfer. Zu Freiberg und Wolfach.

7) Polybasit (Schwarzgültigerz, Eugenglanz, $(AgS, Cu_2S)_9$, (SbS_3, AsS_3) mit 64—72 Silber und 10—3 Kupfer. Auf Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, Uebergangsgebirge, Trachytgebirge mit Sprödglaserz, Rothgültigerz, Zinkblende u. a. in Begleitung von Quarz und Kalkspath zu Freiberg, Joachimsthal, Andreasberg und Ungarn.

154. Unter den uneigentlichen Silbererzen, welche ausser einer geringen Quantität Silber noch andere Metalle in vorwiegender Menge enthalten, sind die geschwefelten Mineralien stets silberreicher, als die oxydirten. Zu diesen Erzen gehören silberhaltige Bleierze, besonders der für die Silbergewinnung so wichtig gewordene Bleiglanz $(Pb, Ag), S$, dessen Silbergehalt zwischen 0,01 und 0,03 Proc. schwankt, zuweilen 0,5, nur selten 1 Proc. erreicht; silberhaltige Kupfererze: Fahlerze (vergl. S. 81) mit Spuren bis 31 Proc. Silber, ausserdem Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz und Bournonit. Von den übrigen silberhaltigen Erzen seien angeführt die Zinkblende mit Spuren bis 0,88 Proc. Silber, Schwefel- und Magnetkies, gediegenes Arsen, Misspickel, Grauspiessglanzerz, Speiskobalt, Antimonnickel, Kobaltglanz etc.

Bei der Aufbereitung der Silbererze muss, da dieselben in der Regel

mit silberhaltigen Kupfererzen und Bleierzen zusammen vorkommen, auf scharfe und sorgfältige Trennung der verschiedenen Erzarten Bedacht genommen werden. Kommen die Kupfer- und die Silbererze, oder die Blei- und die Silbererze gemeinschaftlich und zwar so fein eingesprengt vor, dass eine mechanische Trennung nicht ausführbar ist, so muss auch der Schmelzprocess der Art des Vorkommens der Erze gemäss gewählt werden. Die Vorbereitungsarbeiten bei den Silbererzen sind gänzlich von dem Verfahren abhängig, welches bei der Verarbeitung gewählt wird, so dass etwas Allgemeines darüber nicht gesagt werden kann.

Gewinnung des Silbers.

155. Die hauptsächlichsten metallurgischen Operationen, welche bis jetzt zur Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen angewendet worden sind, lassen sich auf folgende Methoden zurückführen:

I. Abtheil. Silbergewinnung auf nassem Wege:

1) mittelst Quecksilber,
   - α) Europäische } Amalgamation,
   - β) Amerikanische } Amalgamation,

2) mittelst Auflösung des Silbers und Fällung desselben:
   - α) Augustin's Methode (Auflösen von Chlorsilber in concentrirter Kochsalzlösung und Fällen des metallischen Silbers).
   - β) Ziervogel's Methode (Auflösen von schwefelsaurem Silberoxyd in Wasser und Fällen des Silbers durch Kupfer),
   - γ) Patera's Methode (Auflösen von Chlorsilber in unterschwefligsaurem Natron oder Kalk und Fällen des Silbers als Schwefelsilber),
   - δ) sonstige Methoden (Auflösen von Chlorsilber in Ammoniak; ferner mittelst Auflösen in Schwefelsäure, Verbleien des silberhaltigen Rückstandes und Erzeugung von Kupfervitriol).

II. Abtheil. Gewinnung des Silbers auf trocknem Wege:

1) Gewinnung von silberhaltigem Blei (Werkblei);

2) Abscheidung des Silbers aus silberhaltigem Blei;
   - α) Abtreiben auf dem Treibherde,
   - β) Durch Pattinsoniren,
   - γ) Entsilberung des Werkbleis durch Zink,
   - δ) Feinmachen des Blicksilbers.

I. Silbergewinnung auf nassem Wege.

156. 1) Die hydrometallurgische Silbergewinnung mit Hülfe von **Quecksilber.**

a) Europäische Amalgamation[1]). Unter der Amalgamation versteht man jenen metallurgischen Process, durch welchen man Silber (und Gold) aus Erzen und gewissen Hüttenproducten wie Kupferstein, Schwarzkupfer und Kobaltspeise scheidet, indem man die fein zertheilten Erze oder Hüttenproducte mit Quecksilber innig mengt und unter Mitwirkung eines die Reaction chemisch fördernden Zuschlages eine Lösung des Silbers in dem Quecksilber bewirkt und endlich aus der so erhaltenen Legirung (dem Amalgam) das edle Metall auf mechanischem Wege absondert. Der Erfolg der europäischen wie der amerikanischen Amalgamation zur Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen, sei das Silber darin als regulinisches Silber oder als Schwefelsilber enthalten, hängt davon ab, dass

1) das Silber möglichst vollkommen in Chlorsilber umgewandelt,
2) das entstandene Chlorsilber vollständig wieder zersetzt,
3) das aus dem reducirten Chlorsilber ausgeschiedene Silber von dem Quecksilber vollständig aufgenommen werde.

Es giebt im Wesentlichen zwei Methoden das Chlorsilber zu bilden, den trocknen und den nassen Weg. Bei der europäischen Amalgamation wird allgemein der trockene Weg (Rösten der Silbererze mit Kochsalz) angewendet. Das Amalgamationsverfahren wurde gegen das Jahr 1785 von v. Born in Ungarn eingeführt. Gellert und v. Charpentier errichteten gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts das Amalgamirwerk auf der Halsbrücke bei Freiberg.

Man hat zu unterscheiden 1) die Amalgamation der Silbererze und 2) die der Hüttenproducte (Kupferstein, Schwarzkupfer und Kobaltspeise), wobei jedoch nicht vergessen werden darf, dass die beiden wichtigsten Arten der europäischen Amalgamation, nämlich die der Silbererze in Freiberg und die der Kupfersteine in Mansfeld, nicht mehr ausgeübt werden, indem an ihre Stelle die Wasserlaugerei von Ziervogel getreten ist. Die in Freiberg bei der Amalgamation der Silbererze angewendeten Operationen sind folgende:

1) Handscheidung, Gattiren und Beschicken der Erze,
2) Rösten der Beschickung,
3) Sieben und Mahlen des Röstmehles,
4) Anquicken oder Amalgamiren,
5) Filtriren und Auspressen des Amalgams,
6) Destillation des Amalgams.

1) Handscheidung, Gattiren und Beschicken der Erze. Am besten geeignet zur Amalgamation sind diejenigen Erze, deren Silbergehalt im Centner durchschnittlich $7^1/_2$, höchstens 8 Loth

---

1) Winkler, Die europäische Amalgamation, Freiberg 1848.

Silber enthält. Bei einem grösseren Silbergehalte bleiben zu reiche Rückstände, bei einem geringeren Gehalte dagegen lohnt das ausgebrachte Silber die Gewinnungskosten nicht. Neuerdings verarbeitet man jedoch in Folge der verbesserten Methode verschiedenhaltige Erze von 3—12 Loth im Centner für sich. Die Bestandtheile der Erze sind die Sulfurete von Silber, Antimon, Arsen, Kupfer, Eisen, Blei, Zink und erdige und quarzige Bestandtheile (kohlensaurer Kalk, Schwerspath, Quarz u. s. w.). Damit die Amalgamirerze die zum Freimachen von Chlor aus dem Kochsalze erforderliche Schwefelmenge besitzen, setzt man gewöhnlich noch (silberhaltigen) Schwefelkies hinzu, dessen Menge in der Beschickung 28,5 Proc. beträgt und nicht über 34—35 Proc. betragen darf. Das gepochte Erz wird mit Kochsalz, bei armen Beschickungen mit 10 Proc., bei reichen mit 13—14 Proc. gemischt, das Gemisch durch eine Siebmaschine gesiebt und hierauf in konische Haufen (Röstposten) von $4^1/_2$ Ctr. abgetheilt.

157. 2) Rösten der Beschickung. Die zum Rösten angewendeten Oefen sind Flammenöfen (mit Steinkohlenfeuerung), die sich unter den Schichtsälen, in denen die Beschickung hergestellt wird, befinden. Sie bestehen aus dem Feuerherd mit Rost und Aschenfall, der Herdsohle, worauf die Beschickung geröstet wird, den Verdichtungskammern (Nichtkammern), in welchen sich die gasförmigen Röstproducte zum Theil verdichten, und endlich dem Schornstein, durch welchen die Dämpfe entweichen. Vom Gewölbe des Röstofens aus steigt ein Kanal in den Schichtsaal, durch welchen die Beschickung auf die rothglühende Herdsohle des Ofens gelangt. Hier wird die Beschickung unter fortwährendem Wenden erst getrocknet und durch das Feuer verstärkt. Dies ist das Stadium des Anfeuerns. In ihm entweichen weisse Dämpfe, welche ausser Wasserdämpfen aus arseniger Säure, Antimonoxyd und Zinkoxyd bestehen. Sobald das Erz sich entzündet, schwächt man das Feuer, da der verbrennende Schwefel eine hinlängliche Temperatur liefert. Während dieser Periode, welche etwa zwei Stunden währt, muss das Erz beständig umgerührt werden, damit keine Klumpen sich bilden. In dieser Periode, das Abschwefeln genannt, wirkt der Sauerstoff der Luft ein und es bilden sich unter Entwicklung von schwefliger Säure (die man zur Schwefelsäurefabrikation benutzen könnte) basische und neutrale schwefelsaure Salze, theils freie Metalloxyde. Man kann annehmen, dass in dieser Periode das Schwefelsilber zum Theil in schwefelsaures Silberoxyd ($AgS + 4O = AgO, SO_3$) übergegangen ist, zum Theil aber auch in Gestalt von metallischem Silber in der Masse sich befindet. Nachdem der Geruch nach schwefliger Säure verschwunden und die Temperatur bis zum Dunkelrothglühen gesunken ist, beginnt die Periode des Gutröstens. Man verstärkt das Feuer auf's Neue und rührt das Erz wiederholt um; es entwickeln sich graugrüne, nach Chlor riechende Dämpfe. Gewöhnlich sind sechs

Stunden zur Röstung eines Röstpostens ausreichend. Während dieser Periode wird alles Silber in **Chlorsilber** ($AgCl$) übergeführt, dies kann geschehen entweder dadurch, dass das schwefelsaure Silberoxyd sich mit dampfförmigem Kochsalz umsetzt ($AgO, SO_3 + NaCl = NaO, SO_3 + AgCl$), oder das regulinisch vorhandene Silber mit dem durch die Einwirkung von Kochsalz auf schwefelsaures Eisenoxyd frei gewordenen Chlorgas zusammentritt ($6\,NaCl + 2\,Fe_2O_3, 3\,SO_3 = 6\,NaO, SO_3 + 2\,Fe_2O_3 + 6\,Cl$). Indem gasförmiges Chlornatrium und Chlorgas die Masse durchdringen, verwandelt das Chlornatrium das Chlor und wol auch die durch die Feuchtigkeit der eingeströmten Luft gebildete Chlorwasserstoffsäure die vorhandenen schwefelsauren und reinen Metalloxyde, sowie die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle in Chloride, die wie Chlorschwefel, Arsen- und Antimonchlorid sich verflüchtigen, wie Chlorsilber, Chlorkupfer, Chlorblei, Chloreisen etc. mit schwefelsaurem Natron gemengt zurückbleiben.

Das abgeröstete Erz wird noch glühend aus dem Ofen und in einen eisernen Kasten gezogen, in welchem es nach einem gepflasterten Platze gefahren wird, damit es erkalte. Die Verdichtungskammern werden alle fünf Monate gereinigt; der darin befindliche Flugstaub, im Centner 4 bis 6 Loth Silber (als antimonsaures Silberoxyd) enthaltend, kommt wieder zur Beschickung. In dem Amalgamirgebäude sind 14 Röstofen vorhanden, von denen jeder wöchentlich im Durchschnitt 100 Ctr. röstet.

158. 3) **Sieben und Mahlen des Röstmehles.** Selbst bei dem sorgfältigsten Rösten ist es nicht zu umgehen, dass einzelne Erzklumpen sich bilden, welche nicht oder unvollständig geröstet sind und deshalb abgesondert und von Neuem geröstet werden müssen. Zu diesem Zwecke wird das geröstete und erkaltete Erz auf ziemlich weite Siebe gestürzt; die zurückbleibenden Klumpen werden geschroten, mit 2 Proc. Kochsalz gemengt und geröstet. Das durch die Durchwürfe gegangene Erz kommt nun auf die Siebmaschinen, grosse Holzkästen, in welchen zwei Siebe aus Eisendraht in entgegengesetzter Richtung sich bewegen. Jedes Sieb hat zwei Abtheilungen von verschiedener Feine. Das Erz wird so in feines, mittelfeines und grobes geschieden. 100 Centner geröstetes Erz geben, nachdem es durch den Durchwurf gegangen, etwa 2 Centner grobes Erz, welches mit Kochsalz versetzt eben so wie die erwähnten Erzklumpen geröstet wird, 9—10 Centner mittelfeines und 87—88 Centner feines Erz (**Siebfeines**). Das siebfeine Erz wird auf den **Erzmühlen**, welche ganz die Einrichtung der Getreidemühlen haben, gemahlen. Sie sind, eben so wie letztere, mit einem Mehlbeutel versehen, durch welchen nur der feine Erzstaub hindurchfällt. Der Mehlbeutel wird auf dieselbe Art wie bei den Getreidemühlen in eine erschütternde Bewegung versetzt. Die Mühlsteine sind aus Granit. Das gemahlene Mehl ist so weit vorbereitet, dass es in die Amalgamirfässer gebracht werden kann.

159. 4) Das Anquicken oder Amalgamiren geschieht in dem Amalgamirsaal, wo zwanzig, mit eisernen Reifen versehene Tonnen aus Tannenholz durch eine einfache Maschinerie horizontal um ihre Axe gedreht werden können. Ein jedes Fass hat ein Spundloch, durch welches die Füllung eingetragen wird. Ueber jeder Tonne befindet sich über dem Amalgamirsaal auf dem Boden ein besonderer Kasten, aus welchem das Erz durch einen Lederschlauch oder Zwillichsack in die Tonne gelangt.

Das Anquicken zerfällt in drei besondere Phasen,

α) in die Quickbreibildung.

β) in die eigentliche Verquickung,

γ) in die Absonderung des Amalgams von den Rückständen.

α) Behufs der Quickbreibildung kommen in jede Tonne 10 Centner Erzmehl, 3 Centner Wasser und 60—70 Pfund kleine Platten aus Schmiedeeisen (Karsten), gegenwärtig 100—110 Pfund Stabeisen in einzölligen Würfeln (Kerl). Der Spund wird geschlossen und die Tonne zwei Stunden lang langsam um ihre Axe bewegt. Die gerösteten Erze, wenn sie in die Fässer kommen, enthalten hauptsächlich Eisenoxyd und andere Oxyde, und 12—15 Proc. an Verbindungen, welche sich in dem zugesetzten Wasser auflösen: schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Manganchlorür, Eisenchlorid, Eisenchlorür, Kupferchlorid, Chlorbei und andere Chlorverbindungen, und das Silber als Chlorsilber, welches sich zum Theil in der Kochsalzlösung auflöst. Das Eisen reducirt während dieser Phase das Eisenchlorid und Kupferchlorid zu Chlorüren. Gleichzeitig wird durch das Eisen aus dem in der Chlornatriumlösung gelösten Chlorsilber und Kupferchlorür Silber und Kupfer metallisch ausgeschieden.

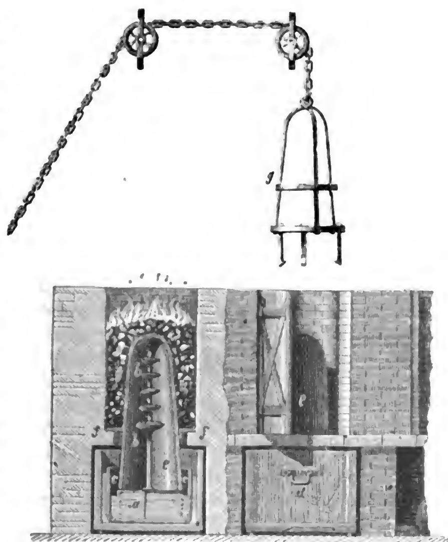
β) Hat der Quickbrei die gehörige Consistenz erlangt, so giebt man das Quecksilber hinzu und es beginnt die eigentliche Verquickung. Jede Tonne erhält 5 Centner Quecksilber. Man lässt die Amalgamirfässer, nachdem sie den Quecksilberzusatz erhalten haben, 16—20 Stunden lang 18—22 Mal in der Minute umgehen. Nach einigen Stunden erhöht sich die Temperatur in den Fässern auf 36—38°. Hierbei findet die weitere Zersetzung des Chlorsilbers durch Elektrolyse statt, veranlasst durch die beiden Metalle Eisen und Quecksilber. Das Chlor verbindet sich mit dem Eisen, das Silber geht zum Quecksilber. Ausser dem Chlorsilber werden aber auch die übrigen vorhandenen Chlormetalle, Kupferchlorür, Chlorantimon, Chlorblei, Chlorgold reducirt, so dass das sich bildende Amalgam aus Silber, Kupfer, Antimon, Blei, Gold und Quecksilber besteht.

γ) Zum Zwecke der Absonderung des Amalgams von den Rückständen werden nach Beendigung des Anquickens die Fässer mit Wasser angefüllt und dann noch $1^{1}/_{2}$—2 Stunden lang, zuerst mit gewöhnlicher, zuletzt aber mit verminderter Geschwindigkeit umgedreht,

wodurch das Amalgam vollständig am Boden der Fässer sich vereinigt, und durch die Verdünnung mit Wasser der durch das Chlornatrium in Lösung erhaltene Antheil Chlorsilber gefällt und zersetzt wird. Beim Ausleeren werden die Fässer so gedreht, dass die Spundöffnung sich unten befindet. Durch den kleinen Spund, welcher sich in der Mitte des grossen befindet, lässt man das Amalgam durch Röhren in Steintröge abfliessen. So wie kein Quecksilber mehr abläuft, wird der grosse Spund geöffnet und der ganze Inhalt der Fässer in grosse Bottiche gebracht, in welchen die Rückstände gewaschen werden, um das darin noch mechanisch zertheilte Amalgam zu gewinnen.

5) Filtriren und Auspressen des Amalgams. Das aus dem kleinen Spunde ausfliessende Amalgam wird durch Zwillichbeutel geleitet, welche das Ende der Röhrenleitung bilden, durch welche das Amalgam aus den Fässern nach den Trögen geführt wird. Durch sein eigenes Gewicht läuft anfänglich das Quecksilber durch die Poren des Zwillichs; später muss der Beutel stark zusammengepresst werden, um das überschüssige Quecksilber vollständig zu entfernen. Das in den Beuteln zurückbleibende trockene Amalgam besteht aus 84 bis 85 Proc. Quecksilber, 10—12 Proc. Silber und 4—6 Proc. Kupfer und anderen Metallen.

Fig. 59.



160. 6) Die Destillation des Amalgams geschieht entweder unter der Glocke auf Tellern, oder in Retorten. Bei der Glockendestillation ist das Verfahren folgendes. Fünf gusseiserne Teller *b*, *b* .. (Fig. 59), in der Mitte mit konischen Dillen versehen, sind auf einer eisernen Spindel aufgesteckt, welche von dem Dreifusse *a* getragen wird. Der Dreifuss ist auf einem runden gusseisernen Behälter *c*, *c* und dieser wieder in einem

Wasserkasten *d* aufgestellt. Ueber diesen Kasten ist ein runder Ofenschacht aufgemauert, dessen unterer Theil einen kleineren Durchmesser hat als der übrige, daher etwa 12 Centimeter unter der Fläche der untersten Teller ein mit einem Blechkranz versehener Vorsprung *f* sich bildet. Der Ofenschacht ist vorn offen und durch eine eiserne, mit Lehm bekleidete Thür *F* verschliessbar. Ueber die mit Amalgam beschickten Teller an der Spindel wird eine gusseiserne Glocke *e* (der Ausglühtopf) gestürzt, die mit ihrer Umfläche an dem Vorsprunge und dem engeren Theile des Ofenschachtes genau abschliessend, auf dem Dreifusse und dem Wasserbehälter steht. Durch die Vorrichtung *g* kann die Glocke aufgezogen und niedergelassen werden. Der Behälter *d* wird mit kaltem Wasser gefüllt. Durch ein die Glocke umgebendes Kohlenfeuer wird das Quecksilber aus dem Amalgam dampfförmig ausgetrieben, welches in dem Wasser des Kastens *d* zu flüssigem Quecksilber sich verdichtet. Das auf den Tellern zurückbleibende Tellersilber oder Ausglühmetall ist mit anderen Metallen, besonders mit Kupfer, Antimon und Blei verunreinigt. Es hat meist eine lockere und schwammige Structur. Es wird eingeschmolzen und gereinigt.

Gegenwärtig zieht man vor, das Amalgam aus gusseisernen Retorten zu destilliren, indem dabei bei geringerem Brennmaterialverbrauche weniger Quecksilber verloren geht. Es werden vier gusseiserne Pfannen mit je 1 Centner Amalgam in eine elliptische Retorte geschoben und diese an der Vorderseite verschlossen; es wird anfangs mit Torf, dann mit Steinkohlen gefeuert. Die Quecksilberdämpfe gelangen durch den Retortenhals in einen Verdichtungsraum.

Aehnliche Manipulationen wie bei dem Amalgamiren der Silbererze kommen auch bei der Amalgamation von Hüttenproducten, so von Kupferstein (jetzt meist durch die Wasserlaugerei von Ziervogel ersetzt), Kobaltspeise und Schwarzkupfer vor.

161. *β)* Amerikanische Amalgamation. Es ist uns unbekannt, auf welche Weise die Azteken vor der Eroberung von Mexico die edlen Metalle gewonnen haben, wir wissen nur aus den Briefen von Cortez, dass die Unterworfenen reiche Schätze an Gold und Silber besassen. Wahrscheinlich begnügten sich diese Völker wie im Alterthum, den Gold und Silber führenden Sand zu waschen und die Erze zu schmelzen, welche grössere Mengen von Gold und Silber enthielten. Als jedoch die Amalgamation aufkam, mit deren Hülfe die ärmsten Silbererze zu Gute gemacht werden konnten, eröffnete sich für Spanien eine neue und mächtige Quelle des Reichthums. Diese Silbergewinnungsmethode wurde zuerst 1557 von einem gewissen Bartholomäus von Medina versucht und seit 1566 im Grossen ausgeführt. De Velasco erbot sich 1571, das neue Verfahren in Peru, zu Potosi einzuführen, was auch 1574 stattfand. Die dabei befolgte Methode

beschrieb zuerst der Jesuit Joseph Acosta, welche Beschreibung hierauf in Barba's Lehrbuch der Metallurgie überging, wodurch die Methode auch in Europa bekannt, verbessert und eingeführt wurde. Nach A. v. Humboldt hat ein peruanischer Bergmann De Leca schon im Jahre 1586 den Rath ertheilt, dem Erzmehl kleine Eisenplatten beizumengen und dadurch neun Zehntheile Quecksilber weniger zu verlieren. Sonnenschmidt, Boussingault und Lemuhot haben die amerikanische Amalgamation genauer kennen gelernt und Karsten, Bowring und Napier die Theorie des Processes einer gründlichen Untersuchung unterworfen.

Die Amalgamation fand in Europa mit Modificationen, welche die Zusammensetzung der Erze nothwendig machte, erst nach zwei Jahrhunderten allgemeine Anwendung, denn da es bei dem Ueberfluss an Brennmaterial nicht nöthig war, zum Quecksilber seine Zuflucht zu nehmen, erschien der Schmelzprocess der kürzeste Weg; auf der Hochebene von Mexico dagegen, wo Brennmaterial nur spärlich sich findet, war die Schmelzung nur ausnahmsweise zulässig und die Amalgamation ward fast allgemein üblich.

Die zur Amalgamation bestimmten Silbererze, hauptsächlich Rothgültigerz, Fahlerz, seltener Chlorsilber und gediegen Silber, werden trocken gepocht, ohne gewaschen zu werden, und nachher mit Wasser gemahlen, bis sie einen hohen Grad von Feinheit erlangt haben, was zum Gelingen der Operation unerlässlich ist. Die Erze enthalten oft nur 30—70 Gramm Silber im Centner. Das gepochte Erz wird in die Erzmühlen gebracht, unter deren Steinen aus Porphyr oder Basalt, Arraster genannt, das Mahlen vor sich geht. 6—8 Centner Erz brauchen dazu 24 Stunden; die Arbeiter befeuchten das Erz von Zeit zu Zeit, damit es die Consistenz eines dünnflüssigen Schlammes habe. Der Brei gelangt nun auf einen mit Steinplatten ausgelegten Hofraum (*patio*), der etwas abschüssig ist, damit das Regenwasser abfliessen kann. Man bildet Haufen von 15—20 Centner (*montones*), wenn der Erzschlamm durch Menschen getreten werden soll, dagegen von 800—1200 Centner (*tortas*), wenn Pferde oder Maulthiere diese Arbeit verrichten sollen, und setzt nach Beschaffenheit der Erze 2—5 Proc. Kochsalz hinzu. Nach einigen Tagen setzt man Magistral, d. i. gerösteten und feingeriebenen Kupferkies (Fe_2S_3, Cu_2S) hinzu in der Menge von $^1/_2$ bis 3 Proc., lässt auch dieses durch Treten einkneten und setzt sodann nach und nach Quecksilber hinzu, ungefähr das Sechsfache von dem in dem Erz befindlichen Silber (die Incorporation). Wo keine Kupferkiese in der Nähe vorkommen, röstet man ein Gemenge von Pyriten und ockrigen Kupfererzen (Malachit, Atakamit), oder man wendet, wie es neuerdings häufig geschieht, aus Europa bezogenen Kupfervitriol an. Das Durchtreten wird einen Tag um den anderen 2—5 Monate lang wiederholt, bis die Entsilberung beendigt zu sein scheint, darauf wird

der Quickbrei in ausgemauerten Cisternen verwaschen, um das Amalgam zu scheiden, welches durch Pressen in Zwillichsäcken vom überschüssigen Quecksilber befreit und destillirt wird.

Die Theorie der Amalgamation ist folgende: Der Kupferkies wird durch das Rösten in schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Eisenoxyd übergeführt, welche beiden Salze sich mit dem Kochsalze zu Kupfer- und Eisenchlorid und schwefelsaurem Natron umsetzen. Diese beiden Chloride wirken nun auf das vorhandene metallische Silber und bilden Chlorsilber, während sie selbst zu Chlorüren reducirt werden, während das beim Verwitterungsprocesse gebildete schwefelsaure Silberoxyd direct mit dem Kochsalz sich umsetzt. Zugleich findet auch eine chlorende Einwirkung des Kupferchlorides und Kupferchlorürs auf das Schwefelsilber, sowie auf die übrigen Schwefelmetalle statt ($AgS + 2CuCl = AgCl + S + Cu_2Cl$ und $AgS + Cu_2Cl = AgCl + Cu_2S$). Das hierdurch entstandene Chlorsilber wird vom Kochsalze aufgelöst und das Silber aus dieser Lösung durch das Quecksilber ausgeschieden, welches letztere in Quecksilberchlorür übergeht. Das reducirte Silber wird von nicht verändertem Quecksilber aufgenommen.

Die amerikanische Amalgamation ist mit grossem Zeitaufwande und enormen Quecksilberverluste (da für jedes Aequivalent Silber = 108, welches aus dem Chlorsilber reducirt wird, zwei Aequivalente Quecksilber = 200 verschwinden, um Quecksilberchlorür zu bilden), verbunden, dagegen kann man nach dieser Methode ohne Brennmaterial und mit geringer Arbeit Erze behandeln, welche so arm sind, dass die meisten anderen Methoden nicht anwendbar sein würden.

Zu Poullaouen (in der Bretagne) amalgamirt man die Silbererze nach einem Verfahren, welches eine Combination ist der europäischen mit der amerikanischen Methode, welche von letzterer die Haufen, von ersterer die Fässeranquickung entlehnt hat. Als Magistral wird ein Gemenge von Seesalz, Eisenvitriol, wenig Kupfervitriol und Alaun angewendet.

2) Hydrometallurgische Silbergewinnungsmethoden ohne Anwendung von Quecksilber.

162. Unter den Silbergewinnungsmethoden auf nassem Wege, bei welchen man von der Anwendung des Quecksilbers gänzlich absieht und die im Principe darin bestehen, dass man das in den Erzen und den Hüttenproducten enthaltene Erz in eine in Wasser lösliche Verbindung überführt, aus welcher das Silber entweder als Metall oder als Schwefelsilber gefällt wird, haben namentlich drei, *α*) Augustin's Verfahren (die Kochsalzlaugerei), *β*) Ziervogel's Methode (die Wasserlaugerei), und *γ*) Patera's Verfahren (mittelst unterschwefligsaurer Salze) Eingang in die Praxis gefunden. Insbesondere die Wasserlaugerei ist mit vielem Erfolge an die Stelle der Amalgamation getreten.

α) Augustin's Kochsalzlaugerei[1]) gründet sich auf die Bildung eines leicht löslichen Doppelchlorürs von der Zusammensetzung AgCl, NaCl, wenn Chlorsilber mit einer heissen concentrirten Lösung von Kochsalz zusammengebracht wird, und auf die Fähigkeit des Kupfers, aus der concentrirten Lösung dieser Verbindung das Silber vollständig abzuscheiden. Sie wurde von Augustin im Jahre 1845 erfunden und zuerst in Hettstädt im Mansfeld'schen für die silberhaltigen Mansfelder Kupfersteine in Anwendung gebracht.

Die durch Pochen und Mahlen in ein Mehlpulver verwandelten, wesentlich aus Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefeleisen bestehenden Kupfersteine (vergl. S. 90) werden zuerst ohne Kochsalz geröstet, dadurch bildet sich zuerst Eisenvitriol, dann Kupfervitriol und zuletzt bei höherer Temperatur Silbervitriol, wobei schon aller Eisenvitriol und ein grosser Theil des Kupfervitriols bereits zersetzt ist, so dass das Röstgut nach Beendigung des Vorröstens aus Eisenoxyd, Kupferoxyd, kleinen Mengen von Kupfervitriol und viel Silbervitriol besteht. Darauf wird durch fortgesetztes Rösten mit Kochsalz der Silbervitriol in Chlorsilber übergeführt. Das Röstgut wird mit heisser concentrirter Kochsalzlösung ausgezogen, wobei das Silber in Gestalt der oben erwähnten Verbindung AgCl, NaCl aufgelöst ist. Aus der silberhaltigen Flüssigkeit scheidet man durch metallisches Kupfer das Silber und aus der sich bildenden kupferchlorürhaltigen Lauge das Kupfer durch Eisen ab.

Das so vortheilhaft scheinende Entsilberungsverfahren Augustin's hat nicht so allgemeine Anwendung gefunden, als man erwartet hatte. Der Grund davon liegt in dem bedeutenden Silberverluste, wenn nicht Erze von genau bestimmter Beschaffenheit angewendet werden.

163. β) Ziervogel's Wasserlaugerei, seit 1849 zur Entsilberung der Mansfelder Kupfersteine allgemein eingeführt, geht anfangs denselben Weg wie die Methode Augustin's, trennt sich von derselben aber insofern, als beim Rösten kein Kochsalz zugegeben wird. Das Röstgut, wesentlich aus Silbervitriol, wenig Kupfervitriol, viel Kupferoxyd und Eisenoxyd bestehend, wird mit heissem Wasser ausgezogen, welches den Silber- und Kupfervitriol auflöst. Aus dieser Lösung wird das Silber durch metallisches Kupfer niedergeschlagen und als Nebenproduct Kupfervitriol erhalten. Die Wasserlaugerei ist weniger complicirt und erfordert, weil das Auslaugen schneller von statten geht, weniger Röstkosten und Arbeitslohn, als das Verfahren von Augustin, dagegen ist die Röstoperation schwieriger auszuführen, es werden reichere Steine erfordert und in der Regel bleiben reichere Rückstände. Bei Gegenwart von Arsen und Antimon ist Ziervogel's Verfahren nicht

1) Vergl. Grützner, Die Augustin'sche Silberextraction, Braunschweig 1851; C. Fr. Plattner, Die Röstprocesse, 1856 p. 284.

anwendbar, weil sich beim Rösten arsen- und antimonsaures Silber bilden, welche in Wasser unlöslich sind. Ein Bleigehalt dagegen verursacht leicht Sinterungen, wodurch die Röstung erschwert wird.

164. γ) Patera's Methode der Silbergewinnung gründet sich auf die Löslichkeit des Chlorsilbers in unterschwefligsauren Salzen und wurde zuerst 1852 von Hauch in Vorschlag gebracht. Nach diesem röstet man die Erze und Steine wie nach der europäischen Amalgamation mit Kochsalz unter Zuziehung von Wasserdämpfen, um das Silber in Chlorsilber zu verwandeln, und löst letzteres in unterschwefligsaurem Natron auf. Aus der Lösung wird das Silber durch Kupfer oder Zink niedergeschlagen. Auch Patera in Joachimsthal schlägt, veranlasst durch die Unbequemlichkeit, mit welcher die Anwendung einer heissen concentrirten Kochsalzlösung zur Silberextraction nach Augustin's Verfahren verknüpft ist, ebenfalls unterschwefligsaures Natron vor. Die Möglichkeit, dieses Salz billig im Grossen darzustellen, sowie die etwa 30 Mal grössere Lösungsfähigkeit für Chlorsilber [1]), liessen ihm keinen Zweifel an der Einführbarkeit dieses Mittels in die praktische Metallurgie. Er schlägt zu diesem Zwecke die Extraction der vorbereiteten Erze in der Real'schen Presse, unter hohem Drucke vor und wendet zum Ausfällen des Silbers aus der Lösung nicht metallisches Kupfer, sondern Schwefelnatrium an und reducirt das Schwefelsilber durch Schmelzen mit Eisengranalien. Aehnliche Vorschläge sind auch von Percy gemacht worden, welcher ausserdem auf die Anwendbarkeit des Chlorkalkes und Chlors zur Umwandlung des Silbers in Chlorsilber aufmerksam macht. Kiss extrahirt das Röstgut mit unterschwefligsaurem Kalk und fällt das Silber aus der Lösung durch Schwefelcalcium.

δ) Von sonstigen Methoden der hydrometallurgischen Silbergewinnung seien folgende angeführt. Schon von Rivero und Gmelin wurde vorgeschlagen, die Silbererze nach dem Rösten mit Kochsalz mit Ammoniak zu digeriren, aus der ammoniakalischen Flüssigkeit das Chlorsilber durch Schwefelsäure zu fällen und durch Schmelzen mit einem Flussmittel zu reduciren. Etwas modificirt ist dieses Verfahren für silberhaltige Fahlerze zu La Motte bei Chambery in Savoyen eingeführt. Bequerel empfiehlt den elektrischen Strom, um aus der Lösung des Chlorsilbers in Kochsalz das Silber abzuscheiden.

Erwähnenswerth ist auch die in den letzten Jahren aufgetauchte Schwefelsäurelaugerei, bei welcher man möglichst eisenfreie silberhaltige Kupfersteine (oder auch Schwarzkupfer) mit heisser verdünnter Schwefelsäure behandelt, wobei Kupfervitriol in Lösung geht, das Silber aber im Rückstand bleibt und durch Verbleien entsilbert wird.

---

1) Zur Lösung von 1 Th. Chlorsilber sind erforderlich
68 Th. Kochsalz und nur
2 Th. unterschwefligsaures Natron.

II. Silbergewinnung auf trocknem Wege.

165. Die Extraction des Silbers aus seinen Erzen mittelst Blei zerfällt in zwei Phasen, nämlich

1) in die Darstellung von silberhaltigem Blei;
2) in die Entsilberung desselben durch Pattinsoniren und durch Abtreiben.

1) Die Darstellung von silberhaltigem Blei aus dem Silber und silberhaltigen Bleierzen (vergl. S. 124) beruht:

a) auf der Eigenschaft des Bleies, Schwefelsilber unter Bildung von Schwefelblei und Abscheidung von metallischem Silber zu zersetzen:



$$AgS + x\,Pb = PbS + AgPbx.$$

Andere, dem Silber beigemengte Schwefelmetalle, besonders Schwefelkupfer und Schwefeleisen, werden vom Blei weniger zersetzt. Die Producte der Schmelzung sind silberhaltiges Blei und silberfreier Stein, aus Schwefelblei, Schwefelkupfer und Schwefeleisen bestehend. Die Ausziehung des Silbers durch Blei erfolgt um so vollständiger, je kupferärmer die Erze sind.

b) auf der zersetzenden Einwirkung von Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd auf Schwefelsilber, in deren Folge silberhaltiges Blei und schweflige Säure sich bilden:



$$\left.\begin{matrix} AgS \\ 2\,PbO \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Pb_2Ag \\ SO_2 \end{matrix}\right. \quad \text{und} \quad \left.\begin{matrix} AgS \\ PbO, SO_3 \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} PbAg \\ 2\,SO_2 \end{matrix}\right.$$

c) auf der reducirenden Einwirkung von Blei auf Silberoxyd oder auf schwefelsaures Silberoxyd:



$$\left.\begin{matrix} 2\,Pb \\ AgO \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} PbO \\ AgPb \end{matrix}\right. \quad \text{und} \quad \left.\begin{matrix} 3\,Pb \\ AgO, SO_3 \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} PbAg \\ 2\,PbO \\ SO_2 \end{matrix}\right.$$

d) auf der grösseren Verwandtschaft des Silbers zum Blei als zum Kupfer. Wird silberhaltiges Kupfer mit Blei zusammengeschmolzen, so entsteht ein Gemenge von leichtflüssigem silberhaltigem Blei und einer schwer schmelzbaren Legirung von Kupfer mit Blei. Ersteres kann von letzterem durch Aussaigerung getrennt werden.

Der Bleiarbeit werden eigentliche Silbererze, reiche geröstete kiesige Erze, silberhaltige Kupfer- und Bleierze in geröstetem oder ungeröstetem Zustande, gerösteter silberhaltiger Scherbenkobalt u. s. w. unterworfen. Als bleihaltige Substanzen benutzt man metallisches Blei, geröstete oder ungeröstete Bleierze und Bleiglätte (Bleioxyd). Geringhaltige Silbererze eignen sich nicht für die unmittelbare Bleiarbeit, indem sie das Schmelzgut strengflüssig machen und die Verschlackung des Bleies befördern. Mit solchen Erzen nimmt man zuvor die Roharbeit vor, indem man sie mit Schwefelkies und passenden Schlacken zusammenschmilzt, wobei die unbrauchbaren Metalloxyde und Erden sich verschlacken, während sich das Silber im Schwefel-

kies (Rohstein) concentrirt. Die Entsilberung des Rohsteines geschieht entweder in ungeröstetem Zustande mit metallischem Blei (Eintränkarbeit), oder mit bleioxydhaltigen Körpern, mit Bleiglanz und Eisen, durch Verschmelzen gerösteter Steine mit gerösteten oder ungerösteten Bleierzen oder mit Producten des Treibherdes, oder endlich durch Verschmelzen gerösteter bleihaltiger Steine für sich oder mit Zuschlag von Eisen. Die Bleiarbeit mit silberhaltigem Kupfer (die Saigerung) ist bereits S. 89 beschrieben worden.

Das Wesentliche der Bleiarbeit besteht darin, dass man die entsilbernden Substanzen mit geschmolzenem Blei behandelt. Es resultirt eben so wie beim Zugutemachen von silberhaltigem Bleiglanz (S. 124) silberhaltiges Werkblei.

166. 2) Die Entsilberung des silberhaltigen Bleies geschieht

α) durch das Pattinsoniren,
β) durch den Treibprocess,
γ) mit Hülfe von Zink.

α) Das Pattinsoniren oder Pattinson's Krystallisations- oder Concentrationsprocess. Die schon seit den ältesten Zeiten in der Metallurgie unter dem Namen des Treibprocesses angewendete Trennungsmethode des Silbers vom Blei, ist wegen der nicht unbedeutenden Metallverluste und Kosten dieser Arbeit, bei einem sehr geringen Silbergehalte des Bleies nicht mehr lohnend. Es gilt im Allgemeinen als Regel, dass Werkblei mit einem geringeren Silbergehalt als 0,12 Proc. nicht mehr vertrieben werden kann. Der Umstand nun, dass viele Bleiglanze Englands ein Werkblei geben, welches nur 0,03 bis 0,05 Proc. Silber enthält, mithin nicht treibwürdig ist, bewog 1833 Pattinson in Newcastle, Versuche über neue Trennungsmethoden anzustellen, welche ihm zur Entdeckung des nach ihm genannten Krystallisirprocesses führten, durch welchen es möglich geworden ist, den Silbergehalt armer Bleie (bis herab zu 0,009 Proc. Silber) so weit zu concentriren, dass neben höchst silberarmem Kaufblei treibwürdige Werke erfolgen. Indessen wendet man das Verfahren auch als Concentrationsarbeit bei schon treibwürdigem Blei an.

Das Pattinsoniren, so wie es gegenwärtig auch in Deutschland (so zu Stolberg bei Aachen, an der Lahn, in Schlesien, am Oberharz etc.) ausgeführt wird, gründet sich auf die Erscheinung, dass, wenn man eine hinreichende Menge von silberhaltigem Blei in einem eisernen Kessel einschmilzt und die flüssige Masse gleichmässig sich abkühlen lässt, in derselben sich kleine Krystalle (Octaëder, an ihren Enden verwachsen) bilden, deren Menge fortwährend zunimmt. Werden diese Krystalle mit Hülfe eines durchlöcherten Löffels herausgeschöpft und untersucht, so findet man, dass sie weit ärmer an Silber sind als die ursprüngliche Legirung, während in dem flüssig gebliebenen Theile das Silber sich

concentrirt hat. Schmilzt man diese Krystalle und verfährt auf gleiche Art, so bilden sich von neuem Krystalle, die abermals silberärmer sind als die früheren. Die ersten Anschüsse sind die silberärmsten, die späteren werden immer silberreicher. Das einer Reihe derartiger Separationen unterworfene Blei ist nach Beendigung der Arbeit in einen kleinen und reichen Theil, Reichblei (mit 0,5—1,5 Proc. Silber) und einen grössern, sehr silberarmen Theil, Armblei (mit 0,001 bis 0,003 Proc. Silber) getrennt worden. Als Grenze, bis zu welcher die Anreicherung des Silbers im Blei durch das Pattinsoniren fortgesetzt werden kann, sind nach Reich 2,5 Proc. Silber im Blei anzunehmen.

Die Grenze, bis zu der man in den Pattinsoniranstalten bei den einzelnen Krystallisationen mit dem Ausschöpfen der Krystalle zu gehen pflegt, ist verschieden; am gebräuchlichsten ist das Drittel- und das Achtelsystem. Bei ersterem schöpft man bei jeder Krystallisation $^2/_3$, bei letzterem $^7/_8$ des Kesselinhaltes dem Volumen nach an Krystallen aus, so dass resp. $^1/_3$ und $^1/_8$ flüssiges Blei (Mutterlauge) zurückbleibt. Die erstere verlangt eine grössere Anzahl von Arbeiten und von Kesseln und ist bei silberreicherem Blei am Platze, das Achtelsystem dagegen eignet sich besser für sehr armes Blei. In allen Fällen arbeitet man mit grossen Massen (200 Centner), damit der Zeitraum des Abkühlens möglichst gross sei. Das Reichblei wird abgetrieben (auf der Friedrichshütte bei Tarnowitz geben 100 Th. Reichblei beim Abtreiben 1,28 Th. Silber).

167. *β)* Der Treibprocess oder das Abtreiben (coupellation du plomb d'oeuvre, *refining*) auf Treibherden wird mit jedem silberhaltigen Blei, namentlich mit dem durch das Pattinsoniren gewonnenen Reichblei vorgenommen. Man versteht darunter das Schmelzen des silberhaltigen Bleies auf dem Herde eines Gebläse-Flammenofens, wobei der Sauerstoff der Gebläseluft das Blei oxydirt und in Bleiglätte verwandelt, welche letztere im geschmolzenen Zustande theils vom Herde abfliesst, theils in die Herdmasse eindringt, bis zuletzt das Silber ziemlich rein auf dem Herde zurückbleibt. Die zum Abtreiben dienenden Oefen, Treiböfen oder Treibherde (fourneau de coupellation, f. d'affinage, *refining furnace*) genannt, sind entweder solche mit unbeweglichem Herde (deutsche Oefen) oder solche mit beweglichem Herde (englische Oefen).

Der deutsche Treibherd, welcher durch Fig. 60 in perspectivischer Ansicht, durch Fig. 61 im Horizontaldurchschnitt, durch Fig. 62 im Vertikaldurchschnitt dargestellt ist, besteht aus zwei Haupttheilen, nämlich dem eigentlichen Treibherde und dem unmittelbar daran angebauten Windofen, zwischen welchen das Flammenloch die Communication bildet. *c* stellt den Hauptkranz dar, aus Sandstein oder aus Backsteinen aufgeführt, in welchem sich zahlreiche nach Innen führende Oeffnungen befinden, um der Feuchtigkeit Austritt zu gestatten. Innerhalb des

Fig. 60.

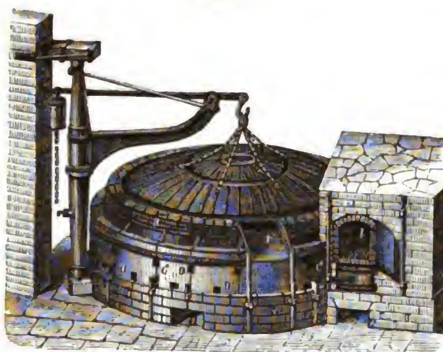


Fig. 61.

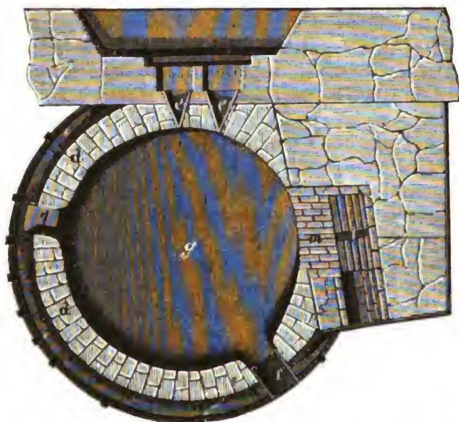


Fig. 62.



Raumes, welcher durch den Kranz gebildet wird, befindet sich als unterste Lage die Schlackensohle *h*, darüber ein Ziegelherd oder eine aus Quarz und Thon bestehende Sohle *g* und als oberste Schicht die eigentliche Treibsohle, welche als Unterlage für das abzutreibende Blei dient. Von grosser Wichtigkeit ist das Material dieser Sohle, welches die Oxydation des Bleies nicht hindern, mithin keine Kohle enthalten darf, und denjenigen Grad der Porosität besitzen muss, welcher die Absorption eines Theiles der geschmolzenen Bleiglätte zulässt. Früher wendete man hierzu fast allgemein ausgelaugte und nachmals calcinirte Holzasche, mit etwas Aetzkalk gemengt, an, bis

man später mit grösserem Nutzen Kalkmergel oder ein Gemenge von 1 Vol. Thon mit 3—4 Vol. Kalkstein anwendete, welcher mit Wasser angemacht auf der Sohle *g* muldenförmig festgestampft wird. Damit sich das Silber nach Beendigung des Treibprocesses besser ansammeln kann, ist in der Mitte des Treibherdes eine Vertiefung von 0,6—1,0 Meter Durchmesser und etwa 1—2 Centimeter Tiefe ausgeschnitten. Ueber dem Hauptkranze *c* befindet sich ein kleiner Kranz *d*; in ihm befinden sich zwei Formlöcher *ee*, in denen die Gebläseformen oder Kannen liegen, das von eisernen Platten eingefasste Glättloch *c* und das Schürloch *q*. Durch letzteres, welches jedoch besser Flammenloch genannt wird, ziehen die Verbrennungsgase aus dem Herde ab und dient er zuweilen zum Einführen von Werkblei. Durch das Glättloch werden Bleiglätte, Abstrich und Abzug entfernt. Der Herd ist mit der Haube (Fig. 60), Treibhut oder Kuppel, bedeckt, welche in Form eines Kugelabschnittes auf dem Ofenkranz ruht und den Herdraum von oben abschliesst. Die Haube ist gewöhnlich beweglich und besteht meist aus einem an der unteren Seite mit Eisenblech überkleideten Gerippe von eisernen Schienen, welche mit zahlreichen, nach innen gekehrten Doppelhaken versehen sind, durch welche ein Beschlag von feuerfestem Thon festgehalten wird. Ein drehbarer Krahn an welchem die Haube hängt, gestattet dieselbe auf- und zur Seite zu heben. Vor dem Beginn des Treibprocesses werden alle Fugen zwischen dem Gemäuer des Herdes und der Haube mit Sand verschüttet oder mit Thon verstrichen. Statt der beweglichen Haube hat man auch Treibherde mit festen Hauben; in diesem Falle besteht die Haube aus einer gemauerten Kuppel. Die beweglichen Hauben sind indessen weit bequemer. Auf dem Rost des Feuerraumes brennt man Holz, Torf oder Steinkohlen, deren Flamme durch das Flammenloch in den Herd gelangt.

Die Menge Werkblei, welche zu einem Treibprocess dient, ist nicht auf allen Hütten die nämliche; gewöhnlich schwankt sie zwischen 60 und 100 Ctrn. Das Blei wird entweder auf einmal eingesetzt, oder man giebt im Anfange nur so viel Blei auf den Herd, als derselbe zu fassen im Stande ist, und fügt das übrige in dem Verhältniss nach, als durch das Ablaufen der Bleiglätte neuer Raum entstanden ist. Während des Einsetzens ist die Haube abgehoben. Nachdem die Haube aufgesetzt, beginnt das Einschmelzen des Werkbleies bei allmählich steigender Hitze. War das Werkblei sehr unrein, so ist das Einschmelzen eine Art Saigerung, durch welche das reine Werkblei ausschmilzt, während die fremden Bestandtheile mit oxydirtem Blei gemengt an der Oberfläche des geschmolzenen Bleies sich abscheiden und in Form einer unvollständig geschmolzenen Masse als A b z u g mit Hülfe eines Holzes durch das Glättloch abgezogen werden. Nach Beseitigung dieses Abzuges, während welchen die Gebläse noch nicht in Thätigkeit sind, entsteht bei antimon- und auch bei arsenhaltigem Blei auf dem nun von der Gebläseluft be-

strichenen geschmolzenen Blei eine geschmolzene, oben breiähnliche Masse, welche Abstrich oder schwarze Glätte heisst und gleichfalls von dem Werkblei abgezogen werden muss. Der Abzug besteht aus Bleioxyd, Schwefel, Arsen- und Antimonverbindungen nebst Herdtheilen, der Abstrich aus zink-, antimon-, arsen- und eisenhaltigem Bleioxyd. Die Bildung der eigentlichen Glätte tritt erst dann ein, wenn Arsen und Antimon vollständig entfernt sind.

168. Nach sorgfältiger Entfernung des Abstriches wird in der Ofenbrust mittelst eines eisernen Hakens oder einer Säge eine Rinne, die Glättgasse angelegt, durch welche die Glätte abfliesst. In der Glättperiode kommt es besonders auf richtige Feuerung und geeignete Windführung an. In Bezug auf den ersten Punkt erhält man die Temperatur so niedrig als möglich, um den Verlust von Blei und Silber durch Verflüchtigung möglichst zu vermindern, auch das Einsaugen von Glätte durch den Herd zu vermeiden. Letzteres ist indessen auch bei sorgfältig geleiteter Feuerung nicht ganz zu vermeiden und während der ganzen Dauer der Glättbildung zeigt sich die Erscheinung des Herdtrankes, ein am Umfang des Glättrandes auftretendes Blasenwerfen, welches theils eine Folge ist der entweichenden Feuchtigkeit und Kohlensäure des Herdes, theils und hauptsächlich aber auch eine Folge des Eindringens der geschmolzenen Bleiglätte bis zu einer gewissen Tiefe in den Herd. Mit der kleiner werdenden Peripherie des Glättrandes rückt die Blasenbildung gleichzeitig dem Centrum des Herdes zu. Was die Windführung betrifft, so wird bei Beginn der Periode der Glättebildung das Gebläse verstärkt, damit der Wind gehörig oxydiren und die Glätte der Glättgasse zutreiben kann; bei abnehmendem Treiben lässt man es minder stark wirken. Die durch die Glättgasse abfliessende Glätte lässt man gewöhnlich vor der Ofenbrust und auf der Hüttensohle in grösseren Stücken sich anhäufen; ihre Beschaffenheit ist in den verschiedenen Phasen des Treibens gleichfalls verschieden. Man unterscheidet gewöhnlich drei Arten von Glätte, nämlich 1) die wilde oder kupfrige Glätte (Fussglätte, schwarze Glätte), die zu Anfang sich bildet, sich ihrer Unreinheit wegen zum Verkauf nicht eignet und in der Regel mit der letzten, silberreichen Glätte unter dem Namen Vorschläge beim Hüttenbetriebe wieder verwendet wird; sie ist in Folge ihres Eisen- und Kupfergehaltes gewöhnlich von brauner oder grüner Farbe; 2) die zweite oder arme Glätte, welche unmittelbar nach dem Auslaufen aus der Glättgasse von gelber Farbe ist, nach dem Erkalten aber in allen Richtungen aufspringt und in den Spaltungen ein rothes, schuppiges Pulver zeigt, welches den Namen rothe Glätte oder Goldglätte führt, während die schnell erstarrte Rinde ihre Farbe und Cohäsion beibehält und gelbe Glätte oder Silberglätte genannt wird. Beide haben trotz des verschiedenen physikalischen Auftretens gleiche Zusammensetzung. Die Silberglätte wird meist zum Frischen verwendet und heisst deshalb auch mitunter Frischglätte, während

die Goldglätte ihrer mechanischen Zertheilung wegen sich nicht zur Reduction, dagegen aber zum Verkauf (zur Firnissbereitung, zur Fabrikation des Bleizuckers und Bleiweisses, zur Töpferglasur etc.) eignet. Sie wird deshalb auch Verkaufsglätte genannt. Auf einigen Hütten wie auf der zu Freiberg, Stolberg, Przibram etc. sucht man die Bildung der rothen Glätte dadurch zu befördern, dass man die geschmolzene Glätte in hohe Cylinder von Eisenblech laufen und hierin erstarren lässt. 3) die letzte Glätte (Scheideglätte, Vorschlagglätte) ist silberhaltig und wird wegen ihres Silbergehaltes für sich gehalten und wieder verschmolzen. Der Silbergehalt dieser Portion Glätte ist theils eine Folge von beigemengtem Silberoxyd, theils auch bei fehlerhaft geleitetem Treiben von vorhandenen metallischen Silberpartikelchen, die zuweilen durch Zerkleinern und Schlämmen der Glätte abgesondert werden.

Nimmt gegen das Ende des Treibprocesses hin die Bildung der Glätte dergestalt ab, dass dieselbe den Silberkuchen nicht mehr zu bedecken im Stande ist, so wird die helle Farbe des Silbers wahrnehmbar und die geschmolzene Masse zeigt einen starken Glanz. Auf der Oberfläche des Kuchens zeigen sich blumen- oder wolkenähnliche Zeichnungen, ähnlich denjenigen, welche Oeltropfen auf Wasser hervorbringen, nach einiger Zeit werden die Glättaugen immer grösser und fallen bei der convexen Oberfläche des geschmolzenen Silbers dem Rande desselben zu, wobei ein eigenthümlicher Schein des Silbers (der Silberblick) wahrgenommen wird. Das Farbenspiel beim Blicken des Silbers hat seinen Grund wol darin, dass die sich immer von Neuem bildende höchst dünne Schicht von geschmolzenem Bleioxyd auf der spiegelnden Oberfläche des Silberkuchens die Farben dünner Schichten, modificirt durch den Silberspiegel zeigt. Das auf diese Weise erhaltene Blicksilber (argent d'usine), welches hauptsächlich Kupfer und Blei, zuweilen auch Wismuth enthält, wird nach dem Erstarren und Abkühlen mit Wasser vom Herde genommen und dem Feinbrennen unterworfen. Letzteres geschieht auf einem den Treibofen ähnlichen, nur kleineren Ofen, auf dessen Herd eine etwa 5 Centimeter dicke Schicht von weissgebrannten Knochen und Holzasche aufgestampft worden ist. Der Herd absorbirt hier alle Glätte und es ist weder eine Glättgasse, noch ein Gebläse nöthig. Durch das Feinbrennen erhält man das Brand- oder Feinsilber, welches nur 0,002 Proc. fremde Metalle enthält. Es spratzt beim Erkalten. Ehemals bildete man in eisernen Ringen grosse Kapellen, die man Teste nannte und trieb in diesen das Blicksilber in einem Muffelofen oder vor dem Gebläse auf einem Herdofen ab. Auf einigen Hütten werden zum Feinbrennen Oefen mit beweglichem Herde angewendet. — Der mit Bleiglätte imprägnirte Treibherd wird nach völligem Erkalten ausgebrochen und entweder zur Gewinnung seines Silber- und Bleigehaltes bei anderen Schmelzprocessen wieder mit zu-

gesetzt oder unter Zusatz von Flussmitteln für sich auf Werkblei verschmolzen.

169. Die englischen Treiböfen mit beweglichem Herd und feststehender Haube (Fig. 63 und 64) haben weit geringere Dimensionen als die deutschen Treiböfen. Der Herd wird ausserhalb des Ofens in dem auf seiner unteren Seite mit eisernen Querschienen versehenen elliptischen eisernen Testring geschlagen. Als Herdmasse dient entweder ein Gemisch von Knochenasche und nicht ausgelaugter Holzasche oder es wird einfach mit Potasche- oder Sodalösung imprägnirte Knochenasche verwendet. Der so hergestellte Test *t* wird in den Ofen eingesetzt. Die Verbrennungsproducte begeben sich nach dem Schornstein *e*. Nachdem der Test bis zum Rothglühen erhitzt worden ist, zieht man aus dem Kessel *d*, welcher mit besonderer Feuerung versehen ist, etwa 5 Centner Werkblei auf den Test. Das nun in Thätigkeit gesetzte Gebläse treibt die entstandene Glätte nach vorn, so dass dieselbe durch die Arbeitsöffnung, die mit einem Rauchfange *g* zur Ableitung der Dämpfe nach dem Schornstein *e* versehen ist, abfliessen kann. In dem Maasse, als das Blei entfernt wird, trägt man Blei nach und arbeitet in der Weise fort, bis 80 bis 100 Ctr. Blei eingetragen sind, treibt dann so weit ab, bis das Silber in 1 Ctr. Blei concentrirt ist und schöpft die Legirung entweder aus oder sticht sie durch den Boden des Testes ab. 3—5 solcher Concentrationstreiben geben ein Reichtreiben, welches bis zum Erscheinen des Blicksilbers fortgesetzt wird.

Fig. 63.

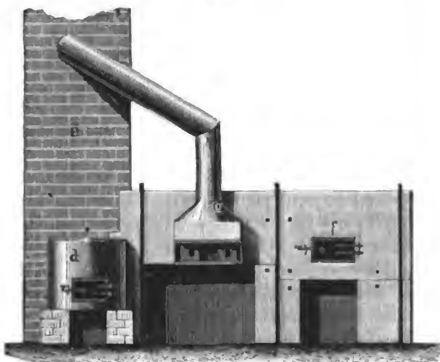
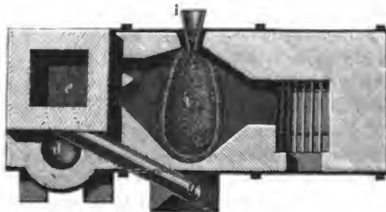


Fig. 64.



Wasserdampf statt der Gebläseluft soll eine vorzüglichere Qualität Bleiglätte geben.

170. γ) Entsilberung des Werkbleies mittelst Zink. Während durch das Pattinsoniren nur eine Concentration des Silbers im Werkblei für den darauf folgenden Treibprocess bewirkt werden kann, bezweckt die Anwendung des Zinkes zur Entsilberung des Werkbleies, die bereits von Karsten 1841 vorgeschlagen, aber erst im Jahre 1850 von dem Engländer Parker ausgeführt wurde, eine Scheidung des Silbers vom Blei, welche mithin das Abtreiben überflüssig macht. Diese Methode gründet sich darauf, dass 1) Blei und Zink mit einander keine Legirung bilden, 2) die Verwandtschaft des Silbers zum Zink grösser ist, als die zum Blei. Schmilzt man daher Werkblei mit Zink zusammen, so geht das Silber fast vollständig in das Zink über, unter welchem sich das Blei ansammelt.

Gurlt beschreibt einen Versuch mit diesem Verfahren in der Bleihütte zu Llanelly (Süd-Wales), dem er beiwohnte. Man trägt in einen eisernen Kessel 20 Ctr. Werkblei ein, versetzt diese nach dem Schmelzen mit 1 Ctr. geschmolzenem Zink und lässt es nach gehörigem Umrühren und Dämpfen des Feuers so lange stehen, bis das Zink an der Oberfläche zu einem Kuchen erstarrt ist, den man vom Bleiherd abhebt. Aus mehreren derartigen Versuchen ergab sich, dass der Silbergehalt der genannten Menge Blei von 90—120 Unzen durch das Zink bis auf 1 oder 0,5 Unze verringert war. Das Zink wird von dem Silber entweder durch Destillation oder durch Säuren (Schwefelsäure oder Salzsäure) geschieden. Nach Beendigung der Destillation nimmt man die Rückstände heraus und treibt, nachdem man etwas Blei hinzugefügt hat, wie gewöhnlich ab. Das condensirte Zink dient zur Entsilberung neuer Quantitäten Blei. Um das entsilberte Blei vom beigemengten Zink zu befreien, bringt man dasselbe auf den Boden eines Flammenofens, schliesst die Ofenthüre und erhitzt ziemlich rasch bis zur Dunkelrothglühhitze. Darauf öffnet man die Thüre; die einströmende Luft oxydirt das Zink und bildet auf der Oberfläche des Metalls eine weissliche Kruste. Diese wird von Zeit zu Zeit abgenommen und die Temperatur auf dem Punkte erhalten, dass das Zink verbrennen kann, das Blei aber nicht wesentlich oxydirt wird. Sobald die Oberfläche glänzend bleibt, nimmt man das Blei aus dem Ofen und giesst es in Form von Barren.

Obwohl, wie aus den Versuchen von Lange folgt, bei der Entsilberung des Bleies durch Zink ein weit geringerer Metallverlust stattfindet als durch das Abtreiben und auch die Kosten weit weniger betragen, so hat diese Entsilberungsmethode bis jetzt doch keine allgemeine Anwendung gefunden. Der Grund davon liegt in der Schwierigkeit der vollständigen Trennung der beiden Legirungen. Wie Hirzel gefunden hat, gehen Aluminium und Blei keine Verbindung mit einander ein,

wohl aber Aluminium und Silber; es liegt daher die Möglichkeit einer künftigen Anwendung des Aluminiums zur Entsilberung des Werkbleies vor.

Feinbrennen des Blicksilbers.

171. Das unmittelbar aus den Erzen gewonnene Silber, mag es nun durch Amalgamation, oder durch Bleiarbeit, oder endlich durch Kochsalzlaugerei oder Wasserlaugerei auf hydrometallurgischem Wege dargestellt worden sein, ist niemals rein, sondern enthält immer noch mehrere Procente anderer Metalle. Auch bei der Treibarbeit wird der Process nie so lange fortgesetzt, bis alle fremden Metalle vollkommen oxydirt wären, und gewöhnlich beträgt der Silbergehalt des Blicksilbers oft nicht ganz 95 Proc. Die Reinigung des Silbers von allen Beimischungen anderer Metalle durch Oxydation nennt man das Feinbrennen des Silbers (Feinschmelzen, Raffiniren). Enthält das Silber nur noch Blei oder macht letzteres den vorwiegenden Bestandtheil des fremden Metalls aus, so ist das Feinbrennen nichts als ein fortgesetzter Treibprocess, welcher aber nicht auf den grossen Herden der Treiböfen, sondern in einem mehr concentrirten Raume vorgenommen wird. Macht dagegen das Blei nicht den überwiegenden Bestandtheil der Verunreinigungen aus, so wird erst dem Silber durch Schmelzen ein Zusatz von Blei gegeben und darauf erst die Oxydation vorgenommen. Stets entstehen beim Feinbrennen kleine Quantitäten von Bleiglätte, welche man aber nicht wie bei dem Treibprocess von der Oberfläche des Silbers ablaufen, sondern von der gewöhnlichen Masse (Knochenasche, Mergel) absorbiren lässt, aus welcher die Gefässe, deren man sich zum Feinbrennen bedient, gefertigt sind. Im Allgemeinen lassen sich drei Arten des Feinbrennens unterscheiden, nämlich 1) das Feinbrennen in Testen, Schalen oder eisernen Ringen, welche mit Knochenasche ausgefüttert sind, vor dem Gebläse, 2) das Feinbrennen in Graphit-, gusseisernen und schmiedeeisernen Tiegeln, 3) das Feinbrennen im Flammenofen. Letzteres Verfahren ist das vortheilhafteste und einfachste. Das erhaltene Brandsilber (argent fin, *fine silver*) enthält in der Regel 99,9 Proc. Silber. 100 Th. Blicksilber geben etwa 96,8 Th. Brandsilber.

In Freiberg wird das von der Amalgamation herrührende Tellersilber durch Umschmelzen in gusseisernen Tiegeln von Blei, Antimon befreit und als 11—12löthiges Raffinatsilber abgegeben. Zu Pontgibaud wird das Blicksilber anstatt des Feinbrennens einem Feinschmelzen in Graphittiegeln unter Zusatz von etwas Salpeter und Quarz unterworfen.

Silberproduction.

172. Die jährliche Production an Silber schätzt man auf 1 Million Kilogramm (= 20,000 Centner) im Werth von etwa 100 Millionen Gulden s. W.; von letzterer Summe kommen auf

Russland	1,985,000 fl.
Schweden und Norwegen	600,000 ,,
Grossbritannien	2,240,000 ,,
Preussen	1,000,000 ,,
den Harz	1,000,000 ,,
Sachsen	1,820,000 ,,
das übrige Deutschland	96,000 ,,
Oesterreich	2,840,000 ,,
Frankreich	160,000 ,,
Spanien	4,000,000 ,,
Australien und Oceanien	256,000 ,,
Chile	8,000,000 ,,
Bolivia	4,000,000 ,,
Peru	9,600,000 ,,
Ecuador	416,000 ,,
Brasilien	22,400 ,,
Mexico	57,000,000 ,,
Vereinigte Staaten	700,000 ,,

Das halbe Kilogramm (= 1 Zollpfund) Feinsilber wird ausgeprägt

in Deutschland zu 30 Thlr. = 45 österr. und $52\frac{1}{2}$ süddeutsche Gulden;
in Frankreich zu 111 Frcs. 11 Cent.

Da nun das Mischungsverhältniss der deutschen Vereinsmünzen und der französischen Münzen 900 Silber und 100 Kupfer ist, so wiegen

27 Vereinsthaler
20 Fünffrankstücke oder 100 Frcs. } = 0,5 Kilogr.

Das Gold [1].

173. Das Gold (or, *gold*) ist dasjenige Metall, dessen Kenntniss in entferntere Zeiten hinaufreicht, als die Geschichte. Der Umstand, dass das Gold meist gediegen vorkommt, und der auffällige Glanz mussten es früher bekannt werden lassen als irgend ein anderes Metall.

1) Literatur: Karsten, System der Metallurgie, Berlin 1832, Bd. IV p. 654; Wehrle, Lehrbuch der Probir- und Hüttenkunde, Wien 1841, Bd. II p. 531; Dumas, Handbuch der angewandten Chemie, Nürnberg 1838, Bd. IV p. 432; Stohmann, Encyclopädie der technischen Chemie, Braunschweig 1858, Bd. II p. 1110; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 322—420; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 278—295; C. F. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865, p. 425—436; Wagner, Jahresbericht der chem. Technologie, Leipzig 1855—66 (XI Bde.).

Seine Schönheit und seine leichte Bearbeitbarkeit mögen ihm zuerst den höheren Werth verschafft haben, welcher ihm zu allen Zeiten beigelegt wurde. In den ältesten Schriften der Israeliten, welche auf uns gekommen sind, wird des Goldes und seiner Verarbeitung bereits gedacht [1]).

Die Farbe des Goldes ist allgemein bekannt, aber schon höchst geringe Mengen anderer Metalle können die goldgelbe Farbe dieses Metalles modificiren. Durch Poliren nimmt es hohen Glanz an. An Härte übertrifft es nur wenig das Blei, dagegen ist es das geschmeidigste aller Metalle. Neben der Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit besitzt das Gold grosse absolute Festigkeit, welche jener des Silbers fast gleich kommt. Die Elasticität ist unbedeutend, daher es auch wenig Klang besitzt. Das specifische Gewicht des Goldes geht von 19,25 im gegossenen und nicht ausgestreckten Zustande bis 19,55, selbst bis zu 19,6, wenn es durch Bearbeitung verdichtet worden ist. Gold dehnt sich beim Erwärmen von 0 bis 100° um $^{1}/_{682}$ aus, schmilzt bei 1037° (nach Deville) und zieht sich nach dem Guss in den Formen stark zusammen, woraus hervorgeht, dass es im geschmolzenen Zustande beträchtlich ausgedehnt worden sein muss. Es kann demnach zu Gussgegenständen nicht benutzt werden. Schmelzendes Gold leuchtet mit meergrüner Farbe und verflüchtigt sich bei sehr hoher Temperatur, wobei es in einen röthlichen Staub verwandelt wird, der aber kein Oxyd ist. Die Eigenschaft des Goldes, an der Luft, im Wasser und bei der Berührung mit allen Säuren, mit Ausnahme des Königswassers, unverändert zu bleiben, erhöht den Werth des Goldes beträchtlich.

Nach Versuchen von Hatchett vermindern schon sehr kleine Mengen von Blei, Antimon und Wismuth die Dehnbarkeit des Goldes; die übrigen technisch wichtigen Metalle folgen bezüglich ihres Einflusses auf die Dehnbarkeit in nachstehender Reihe: Arsen, Zink, Nickel, Zinn, Platin, Kupfer und Silber, so dass in der That nur zwei Metalle, Kupfer und Silber, existiren, welche mit dem Golde legirt werden können, um ihm mehr Härte zu ertheilen, ohne seine Dehnbarkeit merklich zu beeinträchtigen. Unter allen Metallen hat das Gold die grösste Verbindungsfähigkeit mit dem Quecksilber. Das zu dünnen Blättern ausgeschlagene Gold lässt das Licht, je nach dem Grade seiner Ausplattung, bald mit blauer, bald mit grüner Farbe durchfallen.

Vorkommen des Goldes.

174. Das Gold findet sich fast nur im regulinischen Zustande, und zwar in einem blos mechanischen Gemenge und als Berggold einge-

---

1) Die Geschichte des Goldes ist ausführlich und gründlich geschrieben worden von A. Soetbeer in der „Gegenwart", Leipzig 1856, Bd. XII p. 534—604.

sprengt im Gebirgsstein, auf Nestern, Lagern, Gängen, im Granit, Syenit, Thonporphyr, in trachitischen Gesteinen, im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, am häufigsten in Begleitung von Schwefelkies, der zuweilen in Brauneisenstein übergegangen ist, und Quarz, aber auch mit anderen Mineralien gefunden worden. Besonders häufig findet sich das Gold als Staub, Blättchen, Körner und grössere Stücke auf secundärer Lagerstätte, in diluvialen und alluvialen Anhäufungen, in eisenschüssigen Conglomeraten, Geschiebmassen (im Seifengebirge), im Flusssande (Goldsand, Wasch- oder Seifengold), im Gemenge mit Titan- und Magneteisenstein, Platin, Zirkon u. a. Sehr häufig kommt das Gold im Schwefelkies, Kupferkies, Arsenkies, in der Zinkblende, im Grauspiessglanzerze etc. vor. Der Goldgehalt in den kiesigen Erzen (Goldkiese, pyrites aurifères) ist sehr verschieden und wahrscheinlich, dass das Gold darin nicht immer regulinisch, sondern auch zuweilen ausser durch Selen und Tellur, auch durch Arsen und Antimon vererzt vorkommt. Das in der Natur sich findende Gold ist in der Regel mehr oder weniger silberhaltig, so z. B. das Electrum (Goldsilber oder Silbergold, Au, Ag), das Palladgold (faules Gold, ouro poudre, Au, Pd, Ag). Die Verbindung des Goldes mit Tellur im gediegenen Tellur, im Tellursilber, im Blättererz und im Schrifterz ist ein so überaus seltenes Vorkommen, dass es in metallurgischer Beziehung völlig unberücksichtigt bleiben kann. Ein geringer Goldgehalt findet sich in allen Blei-, Kupfer- und Silbererzen, ferner nach Eckfeldt in vielen Thonarten.

Vorkommnisse von Berggold finden sich in Siebenbürgen, Ungarn, Freiberg, Bayern (Goldkronach, Bodenmais), den salzburger und rhätischen Alpen, in Australien, Californien, Neuschottland, von Seifen- und Waschgold in Californien, Australien, Columbien, Brasilien, am Rhein etc. Der grösste Theil des technisch verwendeten Goldes wird aus Goldsand gewonnen.

Gewinnung des Goldes.

175. Die Methoden der Gewinnung des Goldes richten sich nach der Art des Vorkommens, ob dasselbe gediegen oder vererzt sich findet, nach dem Goldgehalt, den Localpreisen und überhaupt nach den bestehenden örtlichen Verhältnissen. Der absolute Goldgehalt eines goldhaltigen Erzes oder des Goldsandes giebt keinen Gradmesser für die Grenzen seiner Benutzung ab, da die Art des Vorkommens und das Vorhandensein anderer Metalle den Ausschlag giebt. Die Goldgewinnung durch bergmännische Arbeiten, die Aufbereitung und Schmelzung der Erze sind kostspieliger als das einfache Verwaschen des Goldsandes, aus welchem demnach noch bei weit geringerem Goldgehalt mit Vortheil Gold gewonnen werden kann als aus den meisten Golderzen. Ferner

ist es einleuchtend, dass das gleichzeitige Vorkommen von Silber in den Golderzen (oder Gold in den Silbererzen) schwer in die Wagschale fällt. Die ärmsten Golderze, die Silber enthalten, lassen sich noch mit Nutzen verschmelzen, da durch die Einführung der Goldscheidung durch Schwefelsäure die Absonderung des Goldes ermöglicht ist.

Die hauptsächlichsten Goldgewinnungsmethoden sind folgende:

I. Gewinnung des Goldes aus Goldsand:
  1) durch blosses Auswaschen,
  2) durch Auswaschen und Amalgamiren;

II. Gewinnung des Goldes aus erdigen Erzen;

III. Gewinnung des Goldes aus kiesigen Erzen:
  1) durch Verwitternlassen und Auswaschen der Schwefelkiese,
  2) durch Mahlen und Amalgamiren,
  3) durch Waschen, Rösten mit Kochsalz und Amalgamiren,
  4) durch Rösten und Behandeln des Röstgutes mit Chlor,
  5) durch Extrahiren des Goldes durch Königswasser und Niederschlagen aus der Flüssigkeit,
  6) durch Schmelzen mit Blei;

IV. Gewinnung des Goldes aus seiner Legirung mit Silber (Gold- und Silberscheidung):
  1) durch Schwefelantimon (Giessen des Goldes durch Spiessglanz),
  2) durch Schwefel (Scheidung durch Guss und Fluss),
  3) durch Cementation,
  4) durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart),
  5) durch Schwefelsäure (Affinirmethode, Affination).

I. Gewinnung des Goldes aus Goldsand.

176. Bei der Gewinnung des Goldes aus Goldsand (Gewinnung von Waschgold, or de lavage, *wash-gold*), ist nur in seltenen Fällen Veranlassung gegeben, die Massen weiter zu zerkleinern, um durch Waschen das specifisch schwerere Gold von den übrigen Körpern zu trennen. Einestheils hat die Natur selbst die Zerkleinerung besorgt, anderntheils hat die Praxis zur Genüge gezeigt, dass grössere Felsgeschiebe kein Gold enthalten. Auf diese Weise werden die Arbeiten der Waschgoldgewinnung weit einfacher, als die Operationen zur Herstellung des Berggoldes. Das Waschen wird entweder in hölzernen Näpfen vorgenommen, die man mit Goldsand füllt und diesen mit Wasser so lange schüttelt, bis der Sand möglichst fortgespült ist, oder auf geneigten Tafeln, Wasch- oder Schlämmherden, die zuweilen noch mit wollenem Tuch überzogen sind. Im Alterthum bediente man sich zu demselben Zwecke auch der Thierhäute, woraus die Sage vom goldenen Vliess entstanden sein soll.

Eine andere Methode des Waschens ist die schon seit langer Zeit in Nordcarolina und jetzt auch fast allgemein in Californien und Australien angewendete: es wird dort die sogenannte Wiege benutzt. Dieselbe hat die Gestalt eines nach der Längenaxe durchschnittenen hohlen Cylinders, welcher auf zwei hölzernen Wiegenfüssen ruht. Die Wiege wird halb angefüllt mit dem zu waschenden Sande, darauf mit Wasser fast vollgegossen und in eine schwankende Bewegung gesetzt, dabei aber von Zeit zu Zeit aufgerührt. Dies wird fortgesetzt, bis die Geschiebe von dem blauen Letten, in welchem sie liegen, sich losgelöst haben, worauf die Bewegung so verstärkt wird, dass das Wasser den Letten aus der Wiege herauswirft. Die tauben Stücke werden mit der Hand entfernt. Neues Wasser wird aufgegossen und das Schwenken wiederholt. Darauf wird die Wiege in der Art geneigt, dass fast alles Wasser abfliesst und mit ihm der Rest des aufgeschlämmten Lehmes. Auf dem Boden liegt eine Lage Kies, welche mit der Hand abgehoben wird. Das Abheben wird so oft wiederholt, bis ein ganz feiner Sand zurückbleibt, den man auf einer eisernen Scheibe ausbreitet, welche in Wasser getaucht und in eine drehende Bewegung versetzt wird. Das Gold bleibt zurück. Je reicher der Sand an Gold ist, desto beträchtlicher ist auch unter sonst üblichen Bedingungen der Verlust.

In Californien ist zum Goldwaschen der *Long-tom* im Gebrauche. Derselbe ist ein langer Holzkasten mit starkem Fall und am unteren Ende mit einem aus durchlochten Eisenbleche gefertigten Siebe versehen. Unter dem Siebe steht ein Kasten, mit gerieftem Boden, welcher durch Holzleisten in Abtheilungen getheilt ist. In das obere Gerinne fällt ein Wasserstrahl mit beträchtlicher Kraft auf das auszuwaschende Erdreich, welches fortwährend mit der Schaufel durchgearbeitet wird; die feineren Partikelchen werden durch das Sieb über den gerieften Boden geschwemmt und zuletzt im Sichertroge verwaschen. Der Long-tom besitzt vor der Wiege den Vorzug, dass in gleicher Zeit mehr Masse durchgearbeitet werden kann, er erfordert aber grosse Mengen Wasser und verursacht einen beträchtlicheren Goldverlust. Wo es die localen Verhältnisse gestatten, leitet man auch oft einen kräftigen Wasserstrahl durch einen Schlauch gegen die anstehenden Bänke von Sand, um diesen dadurch zu lockern und abzulösen, worauf man die abgespülte Masse durch die Schleussen fortschwemmt. Letztere sind lange hölzerne Fluthen mit einem eingelegten Boden, der mit vielen eingebohrten und mit Quecksilber gefüllten Löchern versehen ist; das schwere Metall setzt sich in den Löchern ab und verbindet sich mit dem Quecksilber. Von Zeit zu Zeit nimmt man die Böden heraus und scheidet das Gold durch Filtration und Destillation von dem Amalgam ab. Das Waschgold ist niemals vollkommen frei von fremdartigen Beimengungen, besonders von Titaneisen, Magneteisenstein u. dgl. Dennoch ist es in diesem Zustande häufig schon Waare. In anderen Fällen vollendet man

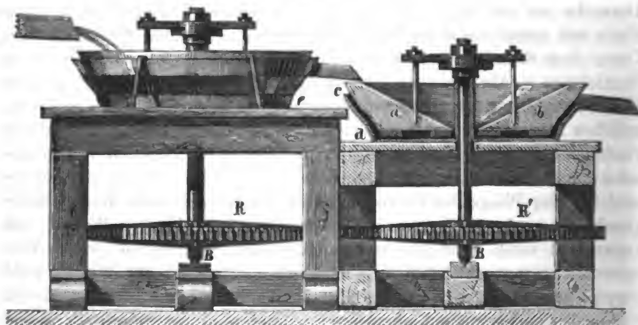
die Darstellung des reinen Goldstaubes durch eine mühsame Klaubarbeit, in noch anderen Fällen wird das gereinigte Waschgold durch Schmelzen mit Potasche, Borax und Salpeter in feuerfesten Tiegeln gereinigt.

II. Gewinnung des Goldes aus erdigen Erzen.

177. Das Gold, wenn es in erdigen Golderzen sich findet, kann auf sehr verschiedene Weise gewonnen werden, so 1) durch Zerkleinern und Waschen, wobei z. B. goldhaltiger Quarz durch Pochwerke zerkleint, die Pochtrübe in einen Sumpf geleitet und das Pochmehl auf einem Waschherd concentrirt wird.

Weit häufiger findet zur Trennung des Goldes aus Golderzen (z. B. aus Quarzgestein) 2) die Amalgamation statt. Das Gestein wird zu diesem Behufe durch Pochwerke zerkleinert und das Pochmehl in Form eines Schlammes mit Quecksilber zusammengebracht. Gewöhnlich wendet man hierzu eine Goldamalgamirmühle an, welche in der Form, wie sie in Tyrol und Ungarn angewendet wird, folgende Einrichtung (Fig. 65) hat. Sie besteht aus einem Läufer *a b* von Holz, welcher von einem Mühleisen getragen und von einer gusseisernen Schale

Fig. 65.



umschlossen ist. In der Mitte der Schale geht von deren Boden eine Röhre durch eine concentrische Oeffnung im Läufer in die Höhe, welche Röhre das durch sie aufsteigende Mühleisen umschliesst und um dasselbe im Boden einen wasserdichten Abschluss erhält, zugleich aber dem Eisen im oberen Theile eine Leitung gewährt. Ueber dem unteren in einer Pfanne *B* gehenden Ende des Mühleisens ist auf letzteres ein gezahntes Rad *R* und *R'* aufgesteckt, welches die Mühle in Bewegung setzt. Die in dem Pochwerke gebildete Trübe fällt durch ein Gerinne

bis zu dem Quecksilber in der Schale hinab und wird mit diesem durch die Umdrehung des Läufers verquickt, steigt sodann in dem um den Läufer herumbleibenden Zwischenraum in die Höhe und geht, da durch einmaliges Durchmahlen der Trübe noch nicht alles Gold entzogen worden ist, durch ein in dem Umfang der Schale angebrachtes Gerinne in eine zweite etwas tiefer stehende Mühle über. Aus letzterer geht die Trübe in die Mehlführung über und wird, weil sie Silber und noch etwas Gold enthält, verschmolzen. Das Amalgam wird aus den Mühlen herausgenommen, gewaschen, in Säcken gepresst und in einem Glockenofen von dem Quecksilber befreit.

Eigenthümlich ist 3) die von Hardings vorgeschlagene Methode der Goldgewinnung aus goldhaltigem Quarze, nach welcher der Quarz in überschüssigem Alkali aufgelöst wird. Es wird hierbei jede Spur von Gold gewonnen und die resultirende Wasserglaslösung allein ist schon mehr werth, als alle bei dem Process verwendeten Kosten betragen.

Ein in Siebenbürgen und Ungarn hier und da benutztes Verfahren der Goldgewinnung besteht 4) darin, dass man ärmere erdige Gold- und Silbererze mit Schwefelkies auf Rohstein verschmilzt, denselben durch Rösten und Verschmelzen concentrirt und den letzten Stein im noch flüssigen Zustande mit Blei einträukt.

III. Gewinnung des Goldes aus kiesigen Erzen.

178. Die Goldgewinnung aus kiesigen Erzen (Schwefelkies, Arsenkies, Kupfer- und Bleierze) richtet sich wesentlich nach dem Umstande, ob das Gold gediegen oder vererzt oder in beiden Zuständen in den Erzen vorkommt. Die hauptsächlichsten Methoden der Gewinnung sind folgende: Die Goldausscheidung durch Verwitternlassen und Auswaschen der Schwefelkiese zu Manmato in Brasilien gründet sich auf das verschiedene specifische Gewicht des Goldes (14 bis 19) und des Schwefelkieses (5). Es erklärt sich daraus, warum die Scheidung beider aus dem feingepulverten goldhaltigen Schwefelkies so leicht auszuführen ist. Durch das Verwittern des Kieses an der Luft verwandelt sich ein Theil desselben in Eisenvitriol, der durch das Regenwasser entfernt wird. Durch Mahlen und Amalgamiren des Pulvers gewinnt man das Gold in Piemont, der Lombardei, in Salzburg und Tirol aus Schwefelkies, welcher in Begleitung von Zinkblende und Bleiglanz vorkommt, und in Tirol und Salzburg aus einer aus Quarz und Thonschiefer oder Gneuss bestehenden Masse, welcher ausser verschiedenen Sulfureten güldisches Silber und gediegen Gold enthält. Das goldhaltige Quecksilber wird ausgepresst und dann geglüht. Das Ausglühmetall besteht z. B. zu Morghen in Sardinien aus 72,5 Proc. Gold, 26,6 Proc. Silber und 0,9 Proc. Kupfer. Zuweilen wird der verwaschene

Kies vor dem Amalgamiren nach der von v. Fuchs vorgeschlagenen Methode mit Kochsalz geröstet. Empfehlenswerth ist das von Storer und Whelpley empfohlene Concentrationsverfahren, nach welchem die Erze gepulvert und in einer Atmosphäre von heisser Luft und Wasserdampf schwebend abgeröstet werden. Das Röstgut fällt dann in Wasser, wobei sich gebildete schwefelsaure Salze lösen, während ein goldreicher Bodensatz entsteht, aus welchem sich leicht das Gold gewinnen lässt.

Wichtiger als die vorstehenden Methoden ist in neuerer Zeit die Gewinnung des Goldes auf nassem Wege geworden. Die von Plattner in neuerer Zeit (1848) angegebene Methode, das Gold aus armen güldischen Erzen mittelst Chlor auszuziehen, gründet sich darauf, dass freies Chlor metallisches Gold in lösliches Goldchlorid überführt, dagegen andere, als Oxyde vorhandene Metalle wenig oder gar nicht angreift. Plattner stellte seine Versuche mit Arsenabbränden von Reichenstein in Schlesien an, welche wegen ihres geringen Goldgehaltes (im Centner $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ Loth) durch den Schmelzprocess nicht mit Erfolg entgoldet werden können. Diese Abbrände bestehen hauptsächlich aus einem Gemenge von Eisenoxyd, Eisenoxydul-Oxyd und basisch arsensaurem Eisenoxyd. Durch Behandeln mit frisch bereitetem Chlorwasser gelang es Plattner, aus 1 Centner dieser Abbrände $^1/_{12}$ bis $^1/_{15}$ Loth Gold zu extrahiren. Das Ausfällen des Goldes aus der Lösung geschah durch Eisenvitriol, wird aber im Grossen eben so gut auch durch Cementkupfer geschehen können. Nach Georgi's Vorschlag wird das Gold aus der Lösung durch Schwefelwasserstoff (aus Bleistein und verdünnter Schwefelsäure entwickelt) als Schwefelgold gefällt, letzteres nach dem Trocknen geglüht und in Königswasser gelöst, woraus es durch Eisenvitriol gefällt wird. Plattner's Methode, von Th. Richter, Duflos und Georgi geprüft, dürfte manche bisher gebräuchliche Extractionsmethoden des Goldes zu verdrängen im Stande sein. Nach Versuchen von Allain kann man aus Kiesen, welche zuvor geröstet und durch Behandlung mit Schwefelsäure von Eisen, Zink, Kupfer u. s. w. befreit worden sind, mittelst Chlorwasser noch $^1/_{10000}$ Gold extrahiren. Das zur Goldextraction dienende Chlor muss durch Waschen mit Wasser von aller Salzsäure befreit werden, weil sich sonst bei mangelhafter Röstung der Erze Schwefelwasserstoff entwickeln könnte, welches bereits gelöstes Gold schwefeln würde. Chlorwasser wirkt minder kräftig als Chlorgas auf das erwärmte und angefeuchtete Erz. Nach den Versuchen von Calvert (1864) ist Chlorgas in der Erzmasse selbst aus Braunstein und Salzsäure entwickelt, am wirksamsten. Patera und Rössner (1863) behandeln die Erze mit einer kalt mit Chlor gesättigten Kochsalzlösung, wobei Silber und Gold chlorirt und gleichzeitig in Lösung übergehen. Die beiden Perret, ferner Allain und Bartenbach gewinnen das Gold aus den Schwefelkiesen in den Kupferminen von Chessy und

Saint-Bel dadurch, dass sie die abgerösteten und mit Schwefelsäure in einem Ofen geglühten Erze zur Ausziehung des Kupfers und Eisens mit verdünnter Schwefelsäure digeriren und aus dem Ungelösten durch Königswasser das Gold ausziehen. Aus der erhaltenen Goldchloridlösung wird das Gold mittelst Eisens gefällt und aus dem geglühten Niederschlage das Kupferoxyd durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure entfernt. Bei dem Zugutemachen güldischer silberhaltiger Blei- oder Kupfererze lässt sich das Gold gemeinschaftlich mit dem Silber durch Blei ausziehen. Parkes macht den Vorschlag, das feingepulverte Golderz in geschmolzenem Blei umzurühren, die Legirung durch Schlämmen zu sammeln oder abzutreiben, wobei goldhaltiges Silber zurückbleibt.

IV. Gewinnung des Goldes aus seiner Legirung mit Silber.

(Gold- und Silberscheidung.)

179. Da, wie in den vorstehenden Abschnitten erörtert, Gold und Silber stets gemeinschaftlich vorkommen, so erfolgt beim Zugutemachen der Erze goldhaltiges Silber oder silberhaltiges Gold. Die im Grossen ausgeführten Processe der chemischen Scheidung beider Metalle von einander geschehen entweder auf trocknem oder auf nassem Wege. Erstere sind sehr unvollkommen, indem sie nicht sowohl beide Metalle vollständig von einander trennen, als vielmehr nur einen Theil des Silbers aus der Legirung entfernen und den Goldgehalt in einer geringeren Menge Silber concentriren. Von den Trennungsmethoden auf trocknem Wege, welche indessen kaum noch Anwendung finden, sind die Trennungen 1) durch Antimon, 2) durch Schwefel, 3) durch Cementation anzuführen.

1) Goldscheidung durch Schwefelantimon (Giessen des Goldes durch Spiessglanz, auri per antimonium fusio); sie wird ausgeführt, indem man die Goldlegirung, die mindestens 50 Proc. enthalten muss, im granulirten Zustande in einem Graphittiegel nach und nach bis zum Schmelzen erhitzt und dann gepulvertes Schwefelantimon, auf 1 Theil der Legirung 2 Theile des letzteren, einträgt und das geschmolzene Gemenge in einen mit Oel oder Fett ausgestrichenen gusseisernen Einguss giesst, in welchem es ruhig erkaltet. Nach dem Erkalten findet man die Masse in zwei Schichten gesondert, von denen die obere, das Plagmal (Plagma), aus Schwefelsilber, Schwefelkupfer und Antimon besteht; das die untere Schicht bildende regulinische Metall lässt sich sehr leicht durch Hammerschläge von dem Plachmal trennen. Das Plachmal enthält noch eine Verbindung von Gold mit Antimon, es wird deshalb ein zweites, drittes Mal oder überhaupt so oft geschmolzen, bis in dem Einguss kein Regulus sich mehr absondert. Die Theorie dieser

Scheidung ist einfach die, dass sich der Schwefel des Schwefelantimons mit dem Silber, das Antimon aber mit dem Golde verbindet. Das überschüssig angewendete Schwefelantimon geht mit in die Mischung des Plachmals ein. Das Antimon dient demnach als Vehikel für das Gold und vermehrt die Masse des Metallkönigs, dadurch befördert es auch die vollständigere mechanische Absonderung des Goldes von dem Schwefelmetall. Der Metallkönig wird unter der Muffel oder vor dem Gebläse erhitzt (Verblasen des Königs), wobei das Antimon wegraucht. Das zurückbleibende Gold wird durch Schmelzen mit Salpeter, Borax und Glaspulver gereinigt. Die Gewinnung des Silbers aus dem Plachmal kann auf verschiedene Weise, entweder durch Zersetzung des Schwefelmetalles durch blosse Hitze unter der Muffel, oder auch durch Zusatz von metallischem Eisen oder von Bleiglätte, oder auch durch Schmelzen mit Blei und Abtreiben, ausgeführt werden.

180. 2) Die Goldscheidung durch Schwefel und Bleiglätte (Scheidung durch Guss und Fluss, Pfannenschmied'scher Process) bezweckt nicht die vollständige Trennung des Goldes von seinem Legirungsmetall (Silber, Kupfer), sondern nur das Concentriren in einer geringeren Quantität Silber, als in der ursprünglichen. Die Goldscheidung durch Schwefel ist demnach eine Concentrationsarbeit, eine Vorbereitungsarbeit für die Scheidung auf nassem Wege, besonders für die Scheidung durch die Quart. Die Absicht bei dieser Scheidung ist demnach nur die Ersparung an Salpetersäure. Es wird die granulirte goldhaltige Legirung mit $^1/_7$ Theil befeuchteten Schwefelpulvers in einen glühenden Graphittiegel eingetragen und mit Kohlenpulver bedeckt. Der Tiegel wird 2—$2^1/_2$ Stunden in einer schwachen Glühhitze erhalten und dann bis zum Schmelzen erhitzt. Enthielt die Legirung grössere Mengen Gold, so sondert sich jetzt ein goldreiches Silber ab, während nur eine sehr kleine Menge des Goldes in dem Plachmal zurückbleibt. War die Legirung dagegen sehr arm an Gold, so findet eine derartige Absonderung entweder gar nicht oder nur unvollständig statt. Um diese zu bewirken, streut man auf die geschmolzene Masse Bleiglätte (auf jede Mark Silber 1 bis $1^1/_2$ Loth), deren Sauerstoff einen Theil des Schwefels des Schwefelsilbers zu schwefliger Säure verbrennt, während die freigewordene, äquivalente Quantität Silber mit dem grössten Theil des Goldes ausfällt. Das reducirte Blei schmilzt mit den Schwefelmetallen zu einer Schwefelung zusammen, welche durch Eisen in der Schmelzhitze entschwefelt wird. Das hierbei erfolgende silberreiche Blei wird abgetrieben.

181. 3) Die Goldscheidung durch Cementation (die concentrirte Scheidung) ist das älteste und wahrscheinlich schon seit Jahrtausenden in Gebrauch gewesene Verfahren, das Gold von einem Theile der beigemengten Metalle zu befreien. Es kann Gold von jedem Feingehalte angewendet werden. Gegenwärtig dient die Methode dazu,

Gold- oder Vergolderarbeiten auf der Oberfläche das Ansehen von feinstem Gold zu geben (Färben des Goldes). Die Cementation ist demnach beim Golde das, was das Weisssieden beim Silber ist. Das zu cementirende Gold wird in Gestalt dünner Bleche oder feiner Granalien in einem bedeckten und lutirten Tiegel (der Cementirbüchse) mit dem Cementpulver, aus 4 Th. Ziegelmehl, 1 Th. Kochsalz und 1 Th. geglühtem Eisenvitriol bestehend, geschichtet und 12—18 Stunden lang einer bis zum mässigen Glühen sich steigernden Hitze ausgesetzt. Durch Einwirkung des Eisenvitriols auf Kochsalz entwickelt sich Chlor, welches das Silber in Chlorsilber umwandelt; letzteres wird in geschmolzenem Zustande (wahrscheinlich in Verbindung mit Chlornatrium) von dem Ziegelmehl aufgesogen. Nach dem Erkalten der Cementirgefässe werden die Bleche von dem Cementirpulver gereinigt und mit reinem Wasser ausgekocht. Enthielt die Legirung wenig Gold, so muss das Cementiren mehrere Male wiederholt werden, bis das Gold zu dem Feingehalt gebracht worden ist, dass es auf nassem Wege geschieden werden kann. Feingold lässt sich durch die Cementation niemals darstellen.

182. Die Goldscheidungen auf nassem Wege werden entweder durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart, Quartation) oder durch Schwefelsäure (Affinirmethode) ausgeführt.

4) Die Goldscheidung durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart, Quartation) wird im Grossen jetzt nur noch selten ausgeführt. Früher nahm man allgemein an, dass bei dieser Scheidung der Silbergehalt das Dreifache des Goldgehaltes betragen müsse. v. Pettenkofer's Untersuchungen, wie die früheren von Chaudet und Kandelhardt[1]), haben aber gezeigt, dass die Trennung noch vollkommen gelingt, wenn auf 1 Th. Gold nicht mehr als $1\frac{3}{4}$ Th. Silber vorhanden sind, vorausgesetzt, dass die Salpetersäure gehörig concentrirt sei und man lange Zeit genug koche. Das Verfahren in der Münze von Philadelphia ist folgendes: Das Gold wird zum Theil im natürlichen Zustande, als californisches Gold zur Münze geliefert. Sobald die Lieferungsposten nach Gay-Lussac's Methode probirt sind, werden sie granulirt und mit Silber so legirt, dass auf 1 Th. Gold 2 Th. Silber kommen. Die Tiegel fassen 50 Pfund Gold und 100 Pfund Silber und jede Schmelzung dauert etwa eine Stunde. Mit vier Oefen werden täglich 32—48 Schmelzungen gemacht, so dass man täglich $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ Million Dollars vorrichtet. Die Arbeit von zwei Tagen, oder ungefähr 650,000 Dollars Goldwerth wird granulirt und in grossen Steingutkruken mit einer Salpetersäure von 39° Baumé behandelt. Zwei Millionen Dollars erfordern ungefähr 60 solche Töpfe. Am siebenten Tage wird die saure Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mittelst eines goldenen Hebers in

1) Chaudet, L'art de l'essayeur, deutsch von C. Hartmann, Weimar 1838.

hölzerne Eimer abgezogen und in eine grosse Kufe mit Kochsalz gefüllt, worauf man frische Salpetersäure zu den Metallen giebt, die nur noch sehr wenig Silber enthalten. Ein fünfstündiges Digeriren am siebenten Tage vollendet das Feinmachen von 650,000 Dollars. Man verbraucht auf 1 Pfund Feingold $4\frac{1}{2}$ Pfund Salpetersäure; in zwei Tagen werden mithin 13,000 Pfund Salpetersäure verbraucht. Im Laufe des Jahres 1853 betrug der Gesammtverbrauch an Salpetersäure 1 Million Pfund, welche, das Pfund zu 7 Cents gerechnet, einen Werth von 7000 Dollars ergeben. Das Feingold (von 99 bis 99,3 Proc. Feingehalt) wird ausgewaschen, das nasse Gold unter einer hydraulischen Presse ausgepresst und die Kuchen in einer eisernen Pfanne bei mässiger Rothglühhitze getrocknet. Das ausgewaschene Chlorsilber wird noch feucht mit granulirtem Zink zusammengebracht, ohne Zusatz von Säure. Die Reduction erfolgt sehr lebhaft und erst wenn sie nachlässt, setzt man Schwefelsäure zu, um das überschüssige Zink zu entfernen. Die Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und Chlorzink wird weggegossen. Auf 1 Million Dollars Gold verbraucht man etwa 40 Ctr. Zink, während man nach den Aequivalentzahlen nur 24 Centner brauchen würde. Dieser Ueberschuss hat sich als zweckmässig erwiesen, weil man dadurch an Zeit und Raum erspart. Das reducirte Silber wird ausgewaschen, ausgepresst, getrocknet und dient wieder zu neuen Granalien.

183. 5) **Die Goldscheidung durch concentrirte Schwefelsäure** oder das **Affiniren** (affinage, *refining*). Mit dem Namen Affiniren bezeichnet man im Allgemeinen diejenigen metallurgischen Operationen, durch welche Gold und Silber aus ihren Legirungen rein abgeschieden werden. Gewöhnlich aber versteht man unter Affiniren eine Trennungsmethode des Goldes vom Silber durch concentrirte Schwefelsäure, die sich durch Einfachheit, Wohlfeilheit und durch den Umstand vor jeder andern Goldscheidung auszeichnet, dass man mit ihrer Hülfe Legirungen von fast jedem Goldgehalte scheiden kann. Sie gründet sich auf die vollkommene Unlöslichkeit von Gold und auf die Oxydirbarkeit und Löslichkeit des Silbers in concentrirter Schwefelsäure:



Legirung Au, Ag_2; Schwefelsäure $\left.\begin{matrix} S\Theta_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} \Theta_2$ geben $\left\{\begin{matrix} \text{Gold Au} \\ \text{Schwefelsaures Silberoxyd } \left.\begin{matrix} S\Theta_2 \\ Ag_2 \end{matrix}\right\} \Theta_2 \\ \text{Schweflige Säure } S\Theta_2 \text{ und Wasser } H_2\Theta. \end{matrix}\right.$

In der Praxis wendet man jedoch die doppelte Menge Schwefelsäure an, um durch Bildung von zweifach-schwefelsaurem Silberoxyde die Abscheidung des schwer löslichen neutralen Salzes, wodurch die Auflösung der Legirung verhindert und verzögert werden würde, zu verhüten. Schnaubert[1]) in Moskau schlug zuerst die Schwefelsäure zur Schei-

1) Schweigger's Journal für Chemie IV p. 159.

dung des Goldes vom Silber vor. D'Arcet dagegen war der erste, welcher in Paris im Jahre 1802 das Verfahren und zwar in Platingefässen in Ausführung brachte. Gegenwärtig wird es allgemein nicht nur zur Scheidung des hüttenmännisch gewonnenen güldischen Silbers, sondern auch zur Gewinnung des Goldes aus Silbermünzen in eigenen grösseren Affiniranstalten mit Vortheil ausgeübt. Nach den Erfahrungen von M. v. Pettenkofer [1]) gelingt die Scheidung am vollkommensten, wenn die Legirung in 16 Theilen nicht viel mehr als vier und nicht viel weniger als drei Theile Gold, das Uebrige Silber und Kupfer enthält. Macht der Goldgehalt mehr als vier Theile aus, so findet keine vollständige Scheidung statt, indem die Schwefelsäure das Scheidegut nicht mehr gehörig durchdringen und die letzten Silberantheile entfernen kann. Beträgt der Goldgehalt weniger als 1 bis 1,5 Theil (auf 16 Theile der Legirung), so wird erfahrungsmässig auch kein Feingold gewonnen. Das Silber muss mindestens $^5/_8$ der Legirung ausmachen. Die in den süddeutschen Affiniranstalten noch vortheilhaft affinirten Kronenthaler enthalten $^7/_{10000}$ Gold in der rauhen Mark. Die französischen Silbermünzen (z. B. die Fünffrankenthaler von der Revolution an bis zum Regierungsantritte Ludwig Philipps 1830) $^1/_2$ pro Mille Gold [2]). Ein Bleigehalt von 0,25 Proc. und ein Kupfergehalt von 7,5 Proc. beeinträchtigen den Affinirprocess nicht. Liegt eine blei- und kupferreichere Legirung zum Scheiden vor, so reinigt man dieselbe zuvor von den fremden Metallen; diese kann geschehen a) durch das Feinschmelzen mit Salpeter (poussée), wobei Blei und Kupfer verschlackt werden; auf 100 Th. Kupfer rechnet man 40—50 Th. Salpeter, wobei sich eine Feine von 15 Loth 10 Grän bis 12 Grän erreichen lässt; b) durch Glühen der granulirten Legirung in einem Flammenofen, wobei sich Kupferoxyd bildet, welches mit verdünnter Schwefelsäure ausgezogen wird. Damit das Silber die gehörige Feine erlange, muss der Process 2—3 mal wiederholt werden. Bei dieser Methode, die in vielen Affiniranstalten befolgt wird, wird beträchtlich an Schwefelsäure erspart, weil das metallische Kupfer mehr Schwefelsäure zur Auflösung bedarf als das Kupferoxyd. Während des Glühens der Legirung bildet sich zwar auch Silberoxyd, jedoch dieses löst sich nicht eher auf, als bis alles Kupferoxyd gelöst ist; c) durch Feinbrennen auf Mergelherden, welcher Operation man besonders bleiische Hüttensilber, wie es auf der Ockerhütte am Harz der Fall ist, unterwirft.

184. Bei der Scheidung des Goldes vom Silber kommen folgende Operationen vor:

---

1) Dingler's polyt. Journ. CIV p. 118; Liebig und Kopp's Jahresbericht 1847—48 p. 1027.

2) Die alten Sechslivresstücke enthielten auf die Summe von 1000 Frcs. eine Goldmenge, die 17 Frcs. Werth hatte.

1) das Zerkleinern der Legirung;
2) das Behandeln der zerkleinerten Legirung mit heisser concentrirter Schwefelsäure;
3) die Fällung des Silbers aus dem Silbervitriol durch Kupfer;
4) die Verarbeitung der Lauge auf Kupfervitriol.

1) Das Zerkleinern der Legirung geschieht durch Granuliren derselben. Zu diesem Behufe schmilzt man die Legirung um, dies geschieht in Tiegeln aus Graphit oder wie in der Münchner Münze in Tiegeln aus Schmiedeeisen. Ehedem wurden auch in München Graphittiegel angewendet, aber mit der fortschreitenden Entwickelung der Technik in den Fabriken zu Hafnerzell bei Passau verloren diese Tiegel immer mehr an Haltbarkeit, so dass neben dem nie zu vermeidenden Silberverlust die kurze Dauer eines solchen Tiegels seine Anwendung immer kostspieliger machte. Man führte deshalb den Gebrauch von Tiegeln ein, welche aus einer Schmiedeeisenplatte mit dem Hammer getrieben waren. Die Tiegel, anfangs zwar hoch im Preise, wurden zuletzt doch wohlfeiler durch ihre lange Dauer, und bequemer durch die Sicherheit, mit der sie gehandhabt werden können [1]). Die geschmolzene Legirung wird in einem dünnen Strahle in einen kupfernen Kessel mit Doppelboden gegossen, in welchem sich kaltes Wasser befindet, welches mit Hülfe eines Stabes in Kreisbewegung erhalten wird. Die entstandenen Granalien begeben sich durch eine Oeffnung im oberen Boden in den unteren Boden und werden nach beendigter Arbeit herausgenommen und getrocknet. Nach dem Vorschlage von Newton soll man die Legirung dadurch zerkleinern, dass man sie mit dem 2—3fachen Gewicht Zink zusammenschmilzt, die Mischung granulirt und dann mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, wobei das goldhaltige Silber im fein zertheilten Zustande zurückbleibt.

185. 2) Das Behandeln der zerkleinerten Legirung mit concentrirter Schwefelsäure geschah früher meist in Platingefässen, jetzt wendet man dazu fast allgemein Kessel von Gusseisen oder Porcellangefässe an. Die gusseisernen Kessel anstatt der Platingefässe wurden durch Tocchi in Marseille eingeführt und in Deutschland zuerst durch Hempel in Oranienburg (1839) in Anwendung gebracht. Das zu den Kesseln verwendete Gusseisen muss feinkörnig, dicht und frei von Blasen sein. Die Kessel von Porcellan, die sich namentlich für kleinere Affiniranstalten wegen ihrer Wohlfeilheit empfehlen, reinliche Arbeit ermöglichen und bei sorgfältiger Behandlung

---

1) Seitdem jedoch die Tiegel aus gewalztem Steinkohlenblech hergestellt werden, sind sie eben so unzuverlässig und noch unbrauchbarer als die Passauer Tiegel geworden, indem sie sich schnell aufblättern und das Silber mit Eisen verunreinigen. Siehe Schafhäutl's Abhandlung über die Eisenbleche Wagner's Jahresbericht 1863 p. 81.

sehr dauerhaft sind, haben einen Ueberzug von grobem Drahtgeflecht und sind überdies noch mit einem Beschlag versehen; sie ruhen in gusseisernen Gefässen, so dass ihre Wände nicht direct vom Feuer getroffen werden. Der Rand dieser Gefässe ist so beschaffen, dass ein Helm von Porcellan oder Platin darauf angebracht werden kann und sie daher nach Belieben als offene Kessel oder als Retorten benutzt werden können. Die Capacität der Kessel richtet sich nach der Menge der in der Affiniranstalt jährlich zur Verarbeitung kommenden Legirung. Man hat Kessel für 10—200 Kilogr. Metall. Die zur Scheidung angewendete Schwefelsäure muss ein specifisches Gewicht von 1,84 haben. Man übergiesst die in dem Kessel befindliche granulirte Legirung mit so viel Schwefelsäure, dass bei kupferfreien Legirungen deren Menge $1^1/_2$ Gewichtstheile, bei kupferhaltigen dagegen 2—3 Gewichtstheile beträgt, und erhitzt, bis nach 8 bis 12 Stunden die Lösung des Silbers und des Kupfers vollständig vor sich gegangen ist. Die Dämpfe von schwefliger Säure, unzersetzter Schwefelsäure und Wasserdämpfe entweichen durch das Helmrohr und werden entweder in einen Schornstein abgeleitet oder condensirt. Im letzteren Falle wendet man zuweilen das von D'Arcet vorgeschlagene Condensationssystem an, aus einer Reihe nebeneinander aufgestellten Bleikasten bestehend, in welchen sich die schwefelsäurehaltigen Wasserdämpfe zum grössten Theile verdichten, während das hindurchgehende schwefligsaure Gas in einem Apparat aufgefangen wird, welcher mit Aetzkalk oder mit Kalkmilch gefüllt ist und in seiner Einrichtung grosse Aehnlichkeit mit dem Kalkreiniger der Gasfabriken hat. Was nicht absorbirt hindurchgeht, tritt in einen gut ziehenden Schornstein. In anderen Affiniranstalten leitet man die aus den Affinirkesseln entweichenden Dämpfe durch ein 10—15 Centimeter im Durchmesser haltendes, vertikal aufsteigendes Rohr aus Blei in eine Bleikammer, um wieder zur Schwefelsäure zu dienen. Bei der bedeutenden Menge von schwefliger Säure, die in den Affiniranstalten als Nebenproduct fällt (manche Affiniranstalt consumirt jährlich bis zu 10,000 Ctr. Schwefelsäure), ist die Verwendung derselben zur Schwefelsäurefabrikation eine sehr zweckmässige. — Beim Erhitzen der Legirung mit der Schwefelsäure kann anfangs ziemlich stark gefeuert werden, besonders, wenn man anfangs nicht die ganze Säuremenge, sondern nur 30 bis 50 Proc. derselben aufgegossen hat; die Flüssigkeit steht dann so niedrig im Kessel, dass ein Uebersteigen derselben kaum zu befürchten ist; in dem Hinzufügen eines neuen Antheils kalter Schwefelsäure hat man auch stets ein Mittel bei der Hand, die Temperatur plötzlich zu erniedrigen. Hat sich bereits eine gewisse Menge von schwefelsaurem Oxyd gebildet, so nimmt die heisse Lösung eine syrupähnliche Consistenz an, welche sie zum Ueberschäumen geneigt macht. Es muss daher jetzt mässiger und mit grösserer Vorsicht gefeuert und der Stand der Lösung im Kessel von Zeit zu Zeit mit Hülfe eines Rührspatels, welchen man durch eine

in der Nähe des Helmes angebrachte, gut verschliessbare Oeffnung einführt, untersucht werden. Mittelst des nämlichen Spatels wird die granulirte Legirung von Zeit zu Zeit umgerührt, um neue Angriffspunkte für die Säure bloszulegen und der Bildung von Ansätzen vorzubeugen. Erst wenn die stürmische Gasentwickelung vorüber ist, werden die letzten Portionen der bis dahin zurückgehaltenen Säure hinzugefügt.

186. 3) Die Fällung des Silbers und die Reinigung des Goldes. Ist nun das Silber vollständig in schwefelsaures Silberoxyd übergeführt, so wird die etwas abgekühlte und vollkommen geklärte Lösung in eine bleierne Pfanne, die Fällpfanne abgegossen oder mittelst Löffeln übergeschöpft, welche vorher bis zu einem Drittel ihrer Höhe mit kaltem Wasser angefüllt wurde. Die Lösung muss eine Dichte von 15 bis 25° B. haben, weil bei dieser Concentration der Flüssigkeit die Präcipitation des Silbers schnell und vollständig erfolgt. Das Fällungsmittel ist metallisches Kupfer, von welchem man auf 108 Theilen des in Lösung befindlichen Silbers 31,7 Theile (also gegen 30 Proc.) in die Pfanne bringt. Man erhitzt jetzt durch zugeleiteten Dampf die Lösung bis zum Kochen und rührt von Zeit zu Zeit mit einem Holzstabe um, damit die Metalle sich nicht zu fest an den Boden der Fällpfanne absetzen. Die Fällung ist beendigt, wenn eine mit Wasser verdünnte Probe mit Chlornatriumlösung keine Trübung mehr zeigt. Nach dem Ablassen der sauren Kupfervitriollösung wird das am Boden der Fällpfanne befindliche Silber (Scheidesilber, chaux d'argent, *water silver*) durch Abstreichen und Abpinseln möglichst vollständig von dem noch ungelösten Kupfer getrennt und mittelst kupferner Kellen in den Auswaschapparat gebracht, gewöhnlich in einem kupfernen Siebe bestehend, welches in einem zarten, mit Leinwand bedeckten Siebe steht, und daselbst mit heissem Wasser so lange ausgewaschen, bis Ferrocyankalium in dem Waschwasser kein Kupfer mehr erzeugt. Nach dem Aussüssen und Abtropfen wird das Fällsilber zwischen Leinwand in einer hydraulischen Presse stark verdichtet, die so erhaltenen Kuchen werden in mit Dampfheizung versehenen Kammern oder auf erhitzten Eisenplatten oder endlich in einem Flammenofen mit eiserner Herdplatte getrocknet und zum Zweck der Entfernung von etwas Kupfer mit etwas Salpeter in schmiedeeisernen Tiegeln eingeschmolzen. Das so erhaltene Scheidesilber, was zu Barren ausgegossen wird, muss einen (oft contractlich festgestellten) Feingehalt von 0,990 bis 0,998 (d. h. in einem Kilogramm 990 bis 998 Gramm Silber) haben. Die Schlacken vom Silbereinschmelzen werden gestossen, eingemengte Silberkörner werden ausgeklaubt und der Rest mit Soda auf einen Regulus verschmolzen, welcher nach dem Abtreiben mit den Ausklaubekörnern beim Silberschmelzen zugesetzt wird.

Das im Affinirkessel als Pulver oder Staub zurückbleibende Gold ist noch nicht silberfrei, es wird daher mit einer neuen Portion Schwefel-

säure gekocht und dies ein- oder zweimal wiederholt. Die Säure nimmt noch Silber auf, aber eine zu geringe Menge, um ohne weiteres in der Fällpfanne auf Silber verarbeitet werden zu können: sie wird daher beim Affiniren neuer Legirung verwendet. Verdient nun ohne Zweifel die Methode des Affinirens mit Schwefelsäure allen übrigen Goldscheidemethoden vorgezogen zu werden, da durch ihre Anwendung es allein möglich geworden ist, in allen bis zum Jahre 1830 geprägten Silbermünzen das Gold mit Gewinn abzuscheiden, so leidet sie doch an dem Uebelstand, dass sie, namentlich wenn sehr goldarme güldische Legirungen vorliegen, kein silberfreies Gold giebt. v. Pettenkofer[1]) hat nun diesen Uebelstand beseitigt. Bei seinen Versuchen fand er, dass, wie oben schon bemerkt, das Silber in der Legirung wenigstens $^5/_8$ derselben ausmachen muss, wenn das Feinmachen am leichtesten von statten gehen soll. Ferner fand er, dass für die Genauigkeit der Scheidung auch eine Minimalgrenze vorhanden ist. Wenn z. B. süddeutsche Kronenthaler, welche $^7/_{1000}$ Gold enthalten, affinirt werden, so geht die Scheidung anfangs rasch vorwärts bis zu 0,958 bis 0,960 Feingehalt; nur durch einen grossen Ueberschuss an Säure und durch anhaltendes Kochen kann derselbe auf 0,970 bis 0,972, aber niemals weiter gebracht werden. Ein solches Scheidegold enthielt etwas schwefelsaures Bleioxyd, basisch schwefelsaures Eisenoxyd und Schwefelkupfer, und, nachdem es von diesen durch Behandlung mit kohlensaurem Natron und Salpetersäure befreit worden, 97 Proc. Gold, 2,8 Proc. Silber und 0,2 Proc. Platin. Das Silber, welches regulinisch vorhanden ist, kann durch Erhitzen mit Schwefel nicht in Schwefelsilber verwandelt werden, und wenn man das Ganze mit Schwefelsäure und etwas zweifach chromsaurem Kali kocht, so löst sich unter Bildung von Chromoxyd viel Gold auf, während Silber und Platin nicht angegriffen werden. v. Pettenkofer hat aber gefunden, dass dieser Rückstand an Silber durch schmelzendes zweifach schwefelsaures Natron (oder Kali) entfernt werden kann. Scheidegold, bis auf 3,0 Proc. entsilbert, enthielt nach dieser Behandlung noch 0,6 Proc. Silber. Das angewendete Verfahren, die letzten Silberantheile aus dem Golde zu entfernen, besteht in folgendem: Man mengt das Scheidegold mit 25 Proc. trocknem Glaubersalz in einem eisernen Kessel, giesst das zweite Aequivalent (0,7 Proc. des Glaubersalzes) englischer Schwefelsäure hinzu und erhitzt, bis das Salz in Fluss kommt. Es bildet sich unter Entweichen von schwefliger Säure (und Salzsäure aus dem anhängenden Kochsalze) schwefelsaures Silberoxyd und Schwefelsäure geht weg, wobei die Masse sich zusammenballt, was man durch Umrühren zu verhindern sucht. Das schwefelsaure Salz ist grösstentheils neutral geworden, und man braucht nur, um den Rest des Silbers

---

1) Dingler's polyt. Journ. CIV p. 118; CXI p. 357; Liebig und Kopp's Jahresber. 1847—48 p. 1026; 1849 p. 635.

zu lösen, einfach die Procedur zu wiederholen, erhitzt aber nur so lange, bis etwa die Hälfte neutral geworden. Um endlich das Scheidegold aus der Masse abzuscheiden, kocht man diese mit Schwefelsäure wie gewöhnlich; es löst sich das schwefelsaure Natron und schwefelsaure Silberoxyd, worauf der Rückstand gewaschen, getrocknet und mit Salpeter geschmolzen wird. Die Operation dauert, mit 5—6 Kilogr. vorgenommen, $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden, und liefert nach der ersten Schmelzung Gold von 0,994, nach der zweiten von 0,998 bis 0,999 Feingehalt. Der gute und bequeme Verlauf hängt sehr von dem Glaubersalzverhältniss und der Temperatur ab, welche die Glühhitze nicht ganz erreichen soll. Das Vorkommen des Platins, bisher in Silbermünzen ganz übersehen, ist gleichfalls von grossem Interesse. Dieses Metall ist die Ursache, dass das affinirte Gold sich nie fein und weich zeigt, wenn es nicht mit Salpeter geschmolzen wurde, welches das Platin oxydirt. Bei diesem Schmelzen wird übrigens auch Gold oxydirt. Wenn man solche Schlacken mit Wasser auslaugt und das rückständige graue Pulver schlämmt, so findet man darin 20 und mehr Proc. Gold, 2,5 bis 3,5 Proc. Platin und etwas Silber. Eine dem Platin ähnliche Rolle spielt das Iridium, welches sich vielfach im californischen Golde [1]) findet und das Osmium-Iridium, welches im uralischen Golde [2]) vorkommt Der Iridiumgehalt in californischen Goldproben beträgt zuweilen $^{20}/_{1000}$. Die Methode der Abscheidung des Iridiums gründet sich darauf, dass es sich nicht leicht mit Gold und Silber legirt, sondern in Gestalt von kleinen Körnchen darin vertheilt ist, ferner darauf, dass sein specifisches Gewicht 21,15 beträgt. Durch Legiren des Goldes mit der dreifachen Gewichtsmenge Silber bildet sich eine Legirung von 13 bis 14 specifischem Gewicht, in welcher das Iridium zu Boden sinkt. Der Absatz wird wiederholt mit Silber zusammengeschmolzen und der endliche Rückstand mit Schwefelsäure gekocht, wobei das Iridium zurückbleibt. In der Münze zu London gewann man aus 622 Kilogr. californischem Golde 653 Gramm Iridium. Seitdem man weiss, dass dieses Gold im Durchschnitt etwas mehr als $^1/_{1000}$ Iridium enthält, ist der Preis desselben um 7 Gulden s. W. (= 15 Frcs.) das Kilogramm gesunken. Desselben Verfahrens bedient man sich in der St. Petersburger Münze zum Affiniren von Osmium-Iridium haltigen Golde.

187. 4) Die Verarbeitung der kupferhaltigen Lauge auf Kupfervitriol geschieht entweder dadurch, dass man die Lauge mit kupferhaltigen Producten wie z. B. mit Kupferglühspan sättigt und darauf Kupfervitriol versiedet, wie es auf der Okerhütte und zu Frank-

---

1) Nach Dubois, Annal. des min. (5) VI p. 518; Wagner's Jahresbericht 1855 p. 27.

2) Nach Belozerow, Dingler's polyt. Journ. CXLVI p. 47; Polyt. Centralbl. 1857 p. 1159; Wagner's Jahresber. 1857 p. 41.

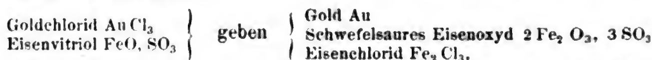
furt a. M. [1]) geschieht, oder direct auf Vitriol verarbeitet, indem man die kupferhaltige Flüssigkeit bis auf 32° B. abdampft und dann in Krystallisirgefässe ablässt. Die Mutterlauge wird noch weiter etwas verdampft, nochmals Krystalle daraus gewonnen und besteht nun fast nur noch aus verdünnter Schwefelsäure, welche zuerst in einer Bleipfanne bis 58° B. und dann in einem Affinirkessel bis 66° B. concentrirt und wieder zum Lösen von Silbergranalien verwendet wird.

Die Pariser Affiniranstalten liefern dem Eigenthümer des zu affinirenden goldhaltigen Silbers sowohl das Silber, als auch das abgeschiedene Gold zurück und erhalten für ihre Arbeit nur das in der Legirung enthaltene Kupfer nebst 5 bis $5\frac{1}{2}$ Franken für das Kilogramm des affinirten Metalles. Enthält die Legirung weniger als $\frac{1}{10}$ Gold, so behalten sie $\frac{1}{2000}$ des Goldes und alles Kupfer, liefern dagegen alles übrige Gold und alles Silber ab und zahlen ausserdem eine Prämie von 75 Centimes auf das Kilogramm feingemachten Metalles. Verlangt der Eigenthümer alles Gold und Silber zurück, so berechnet der Affineur 2 Franken 10 bis 68 Centimes (je nach dem Cours des Silbers) pro Kilogramm und behält ausserdem das Kupfer. Für das Affiniren von silberhaltigem Gold zahlt man in Paris ebenfalls 5 Franken pro Kilogramm. In Paris und Umgegend werden jährlich für 130 Millionen Franken für die Bank von Frankreich, für die Münze und für die Privatspeculation affinirt. — Die badische Regierung übergiebt einer Scheideanstalt in Frankfurt a. M. den Kronenthaler (eine Geldmünze, die laut Münzvereinbarung vom 7. August 1858 bis zum Jahre 1864 aus dem Verkehr verschwunden sein muss) zum Einschmelzen unter folgenden Bedingungen: 1) Für Schmutz wird $\frac{1}{1000}$ in Abzug gebracht; 2) der Feingehalt der Kronenthaler wird nach der Probe zu 0,876 (d. h. in 1 Kilogr. Kronenthaler 876 Gramm Feinsilber) berechnet; 3) die Rücklieferung geschieht in Barren zu 0,990 bis 0,998 Feingehalt; 4) für das Gold, das die Scheideanstalt aus 1 Kilogr. Silber zieht, hat sie 30 Kreuzer (= 1 Franc 7 Centimes) zu vergüten; der Mehrbetrag an Gold ist das, was sie daran verdient.

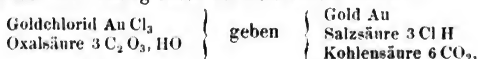
188. **Goldscheidung durch Königswasser.** Bei silberarmem Golde, aus welchem Schwefelsäure das Silber nur unvollständig auszieht, wendet man zur Scheidung zuweilen **Königswasser** (ein Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure, in welchem freies Chlor der wirksame Bestandtheil ist, $NO_5, HO + Cl H = NO_4, Cl, 2 HO$; zuweilen auch eine Mischung von Natronsalpeter, Kochsalz und Schwefelsäure) an. Das Gold löst sich als Goldchlorid auf, während Chlorsilber un-

1) Fleck giebt Notizen über die Kupfervitriolfabrik in Frankfurt, welche die eisenhaltigen Kupferlaugen verarbeitet. Dingler's polyt. Journ. CLXVI p. 354; Wagner's Jahresber. 1862 p. 327.

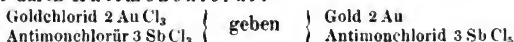
löslich zurückbleibt. Aus der Goldchloridlösung wird das Gold gefällt durch Eisenvitriol:


Goldchlorid $Au\,Cl_3$, Eisenvitriol $FeO,\,SO_3$ geben Gold Au, Schwefelsaures Eisenoxyd $2\,Fe_2\,O_3,\,3\,SO_3$, Eisenchlorid $Fe_2\,Cl_3$,

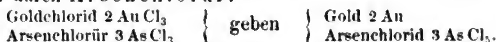
oder durch Oxalsäure (Kleesäure), indem man zu der Flüssigkeit kohlensaures Kali und eine ziemliche Menge krystallisirter Oxalsäure setzt und die Lösung rasch bis zum Sieden erhitzt:


Goldchlorid $Au\,Cl_3$, Oxalsäure $3\,C_2\,O_3,\,HO$ geben Gold Au, Salzsäure $3\,Cl\,H$, Kohlensäure $6\,CO_2$,

oder durch Antimonchlorür:


Goldchlorid $2\,Au\,Cl_3$, Antimonchlorür $3\,Sb\,Cl_3$ geben Gold $2\,Au$, Antimonchlorid $3\,Sb\,Cl_5$

oder durch Arsenchlorür:


Goldchlorid $2\,Au\,Cl_3$, Arsenchlorür $3\,As\,Cl_3$ geben Gold $2\,Au$, Arsenchlorid $3\,As\,Cl_5$.

Das Arsenchlorür (durch Auflösen von arseniger Säure in Salzsäure oder durch Destillation eines Gemenges von arseniger Säure mit Chlormagnesium erhalten) reducirt das Gold aus neutraler oder schwach alkalischer Lösung vollständig. Vortheilhafter ist es indessen, zur Reduction eine Lösung von arseniger Säure in überschüssigem kohlensaurem Natron anzuwenden.

Goldproduction.

189. Die Goldproduction beträgt jährlich (nach den amtlichen Berichten der verschiedenen goldproducirenden Länder der Jahre 1860 bis 1865):

I. Europa, Asien und Afrika:

Russland	25,340	Kilogr.
Mittelasien, Ostindien	14,200	,,
Oesterreich	2,523	,,
Afrika	1,800	,,
Uebrige Länder	0,056	,,
	43,919	Kilogr.

II. Amerika und Australien:

Australien	118,000	Kilogr.
Californien und die Union	125,000	,,
Aequatorstaaten Amerika's	5,628	,,
Mexico	6,800	,,
Brasilien	2,820	,,
Chile	1,125	,,
Peru	712	,,
Bolivia	450	,,
	258,735	Kilogr.
Im Ganzen	302,654	Kilogr.

im Werthe von 633,326,000 s. W. — $^1/_2$ Kilogr. (= 1 Zollpfund) Gold kostet in Deutschland 813 bis 818 Gulden. In Frankreich wird es ausgemünzt zu 1722 Frcs. 22 Cent. — Das relative Werthverhältniss von Gold zum Silber ist gegenwärtig (im Durchschnitt) wie 14 : 1.

Das Nickel [1]).

190. Das Nickel (nickel, *nickel*) kommt spärlich in der Natur vor und zwar meist in Gesellschaft von Kobalt. Die am frühesten bekannte Verbindung des Nickels war das Kupfernickel Ni_2As mit 44 Proc. Nickel, dessen zuerst von Hiärne 1694 erwähnt wird. Seiner Farbe wegen ward dieses Mineral zuerst für ein Kupfererz gehalten und die vergeblichen Bemühungen, aus ihm Kupfer zu gewinnen, veranlassten die Bezeichnung Kupfernickel (Nickel ist bekanntlich in der Volkssprache einiger Gegenden Deutschlands ein Schimpfwort). Im metallischen Zustande wurde das Nickel im Jahre 1751 von Cronstedt dargestellt.

Das reine Nickelmetall ist fast silberweiss, stark glänzend, strengflüssig und politurfähig, lässt sich kalt oder glühend zu Blech strecken, zu stannioldünnen Blättchen aushämmern, und zu Draht ziehen. Es ist nach Thompson fast so weich als Kupfer. Die Zähigkeit des Nickels zu der des Eisens verhält sich wie 9 : 7. Sein specifisches Gewicht = 8,97 bis 9,26 [2]). Das Nickel lässt sich schweissen. Es wird vom Magnete angezogen und wird dabei selbst attractorisch. Es bietet manche Analogie mit dem Eisen dar, unterscheidet sich aber von demselben durch grössere Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien. Es schmilzt etwas leichter als Kobalt, ungefähr bei 1900—2100°. Einige Proc. Schwefel, so wie wenigstens 10 Proc. Kupfer machen es im Windofenfeuer schmelzbar. Es lässt sich mit anderen Metallen legiren und bildet u. A. das Neusilber (s. Legirungen). Ausser in dem schon erwähnten Kupfernickel findet sich das Nickel im Nickelglanz $NiS_2 + NiAs$, im Antimonnickel Ni_2Sb, im

1) Literatur: O. L. Erdmann, Ueber das Nickel und Weisskupfer, Leipzig 1827; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1865, Bd. IV p. 436—488; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgem. Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 345—358; C Fr. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865, p. 470; Prechtl's Encyclopädie, Supplemente, Stuttgart 1865, Bd. IV p. 454—461 (bearbeitet von Heeren); E. Ebermayer, Ueber die Nickelgewinnung auf der Aurorahütte, Göttingen 1855; Odernheimer, Das Berg- und Hüttenwesen in Nassau, Wiesbaden 1863; Wagner, Jahresbericht der chem. Technologie, Leipzig 1856—66 (Bd. I—XI).

2) Nach Thompson hat vollkommen reines geschmolzenes Nickel ein specifisches Gewicht von 9,575.

Nickelkies (Haarkies) NiS, im Nickelantimonglanz NiS_2 + NiSb etc. Häufig ist auch ein mit vorstehenden Nickelerzen imprägnirter Magnetkies und Schwefelkies Gegenstand der Nickelgewinnung; auch die nickelhaltige Speise (Kobaltspeise) der Blaufarbenwerke und andere Hüttenproducte wie z. B. Schwarzkupfer, Kupfergarschlacke. (In Mansfeld tritt z. B. bei der Verhüttung des Kupferschiefers der Nickelvitriol als Nebenproduct auf.) Auch in manchen Braunsteinsorten findet sich Nickel und Kobalt[1]).

Gewinnung des Nickels.

191. Die im Mineralreiche sich findenden Nickelverbindungen sind im reinen Zustande höchst selten nur das Material zur Darstellung des Nickels, in den meisten Fällen kommen die Nickelerze mit anderen Erzen oder erdigen Substanzen gemengt vor, so dass ähnlich wie bei der Kupfergewinnung der eigentlichen Nickeldarstellung meist ein Concentrationsschmelzen vorausgeht. Als Concentrationsmittel verwendet man bei Erzen, welche das Nickel als Schwefelmetall enthalten, Schwefeleisen, bei Erzen dagegen, in denen das Nickel neben Arsen vorkommt, das Arsen. Das Product ist in dem ersten Falle Stein, in dem zweiten Speise. Aus diesen nickelhaltigen Producten, zu denen auch zuweilen Schwarzkupfer sich gesellt, stellt man dann auf trocknem oder auf nassem Wege entweder metallisches Nickel oder eine Legirung desselben mit Kupfer dar.

Die Nickelgewinnung zerfällt daher in zwei Phasen, nämlich

I. In das Concentrationsschmelzen, welches die Ansammlung des Nickels der Erze

α) in einen Stein,
β) in Speise, oder
γ) in Schwarzkupfer

bezweckt;

II. In die Ausscheidung des Nickels (oder der Nickellegirung) aus dem Producte des Concentrationsschmelzens, was

α) auf trocknem oder
β) auf hydrometallurgischem Wege geschehen kann.

Seitdem man erkannt hat, dass bei der Darstellung einer Nickelkupferlegirung, behufs der Fabrikation von Neusilber, gerade die werthvollsten Eigenschaften des Nickels — seine weisse Farbe, seine Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien — maskirt werden, zieht man vor, reines Nickel darzustellen.

---

1) In England stellt man aus den Rückständen der Chlorbereitung mittelst Braunstein Nickel und Kobalt dar. Nach Gerland giebt 1 Tonne Braunstein 5 Kilogr. Kobalt und 2,5 Kilogr. Nickel.

Concentrationsschmelzen der Nickelerze.

192. I. Das Concentrationsschmelzen der Nickelerze α) auf Stein findet besonders Anwendung, wenn die Nickelerze in Schwefelkies und Magnetkies vorkommen, und beruht darauf, dass durch Schmelzen des theilweise gerösteten Erzes mit Quarz oder kieselerdereichen Substanzen das beim Rösten entstandene Eisenoxyd zum grössten Theile verschlackt wird, während das gleichfalls oxydirte Nickel, welches leichter reducirbar ist als das Eisenoxyd, metallisch wird und in dem Stein, welcher aus den unzersetzten Schwefelmetallen und reducirten Sulfaten entsteht, sich ansammelt. Ist das Erz zugleich kupferhaltig, so wird dasselbe noch vollständiger im Stein concentrirt als das Nickel. Befindet sich zu viel Eisenoxydul im Röstgut, so wird ein Theil davon in Berührung mit Kohle zu Eisen reducirt, welches entweder vom Stein aufgenommen wird oder als nickelhaltige Eisensau sich abscheidet. Durch Wiederholung des Röstprocesses und des reducirenden solvirenden Schmelzens des Steins, wobei das Eisenoxydul in die Schlacke geht, lässt sich das Eisen immer mehr und mehr abscheiden. Noch vollständiger entfernt man das Eisen, dessen Abscheidung später bei der Fabrikation von Nickelmetall grosse Schwierigkeiten macht, wenn der im Schachtofen concentrirte Stein im Spleissofen oder Garherd verblasen, d. i. einem oxydirenden Schmelzen bei Gebläseluft ausgesetzt wird. Ein noch besseres Resultat giebt ein Concentriren des gerösteten Steins im Flammenofen unter Zusatz von Quarz, Schwerspath und Kohle, wobei Schwefelbarium sich bildet, welches unter Bildung von Baryt in der Beschickung enthaltenes oxydirtes Nickel und Kupfer schwefelt, während der Baryt mit dem Quarz und dem Eisenoxydul zu einer leichtflüssigen Schlacke zusammentritt.

Auf der Isabellenhütte zu Dillenburg (Nassau) wird der nickelhaltige Schwefel- und Kupferkies, welcher im Durchschnitt 7,5 Proc. Nickel enthält, auf folgende Weise zu gute gemacht. Das Erz wird zunächst in überwölbten Röststadeln geröstet, zerschlagen im Krummofen ohne Zuschläge (da die Erze Kieselerde, Thonerde und Kalk in genügender Menge enthalten) mit Koks auf Rohstein (a) verschmolzen, welcher geröstet und dann in demselben Ofen mit Schlackenzusätzen auf Concentrationsstein (b) verschmolzen wird. Um den Eisengehalt zu vermindern, aber noch so viel Schwefel darin zu lassen, dass der Stein der Zerkleinerung wegen spröde bleibt, wird derselbe im Herde verblasen, wodurch der Raffinationsstein (c) entsteht, aus welchem dann auf nassem Wege Nickel oder Nickellegirung dargestellt wird.

	(a)	(b)	(c)
Nickel	19	24	35
Kupfer	13	39	43
Eisen	35	12	2
Schwefel	33	25	20
	100	100	100

Auf ähnliche Weise verfährt man zu Klefva in Schweden, auf der Aurorahütte zu Gladenbach im Grossherzogthum Hessen und zu Varallo in Piemont.

193. β) Das Concentrationsschmelzen der Nickelerze auf Speise findet Anwendung, wenn das Nickel als Arsennickelverbindung in den Erzen enthalten ist, ferner bei arsen- und antimonhaltigen Speisen, welche bei der Kupfer-, Silber- und Bleigewinnung zuweilen fallen, endlich auch bei gewissen arsenfreien Hüttenproducten z. B. nickelhaltigen Kupferschlacken, in welch letzterem Falle ein Arseniciren des Materials (meist durch Zusatz von Arsenkies $FeAs + FeS_2$, welcher beim Erhitzen für sich in As und in 2 Fe S zerfällt) stattfindet. Unterwirft man eine wesentlich aus Nickel, Eisen und Arsen bestehende Verbindung zunächst einer theilweisen Röstung und dann das Röstgut einem reducirenden und solvirenden Schmelzen, so geht das Eisen zum grössten Theile in die Schlacke, während das oxydirte Nickel zu Metall, so wie vorhandene arsensaure Salze zu Arsenmetallen (Speise) reducirt werden, in welchen das Nickel sich ansammelt, da dasselbe grössere Verwandtschaft zum Arsen als zum Schwefel hat. Ist in der ursprünglichen Verbindung zugleich Kupfer enthalten, so geht dasselbe in die Speise, lässt sich aber daraus als Stein darstellen, wenn man ausser mit Arsenkies noch Schwefelkies beschickt, welcher das vorhandene Kupfer schwefelt. Durch wiederholtes Rösten und solvirendes Schmelzen der Speise, zu welchem mitunter noch ein Verblasen sich gesellt, lässt sich der Eisengehalt immer mehr und mehr verringern, wobei namentlich ein Zuschlag von Schwerspath und Quarz gute Dienste geleistet hat.

Man verschmilzt arsenhaltige Nickelerze auf Speise z. B. zu Sangerhausen im Mansfeld'schen, zu Schladming in Steiermark und zu Birmingham (wo man Erze von Dobschau in Ungarn und auch spanische Erze zu gute macht), während man in Freiberg und am Unterharze bei der Kupfer-, Silber- und Bleigewinnung erhaltene Speisen concentrirt, auf der Altenauer Hütte (Oberharz) und zu Joachimsthal in Böhmen arsenfreie Hüttenproducte z. B. nickelhaltige Kupferschlacken oder nickelhaltige Rückstände von der Silberextraction nach Patera's Verfahren (vergl. S. 194) auf Nickelspeise verschmilzt.

Die Nickelspeisen enthalten 40—55 Proc. Nickel, 30—40 Proc. Arsen, ausserdem Schwefel, Eisen, Wismuth, Kupfer.

194. γ) Das Concentrationsschmelzen auf Schwarzkupfer oder Nickelsauen. Bei sehr geringem Nickelgehalt der Kupfererze

sammelt sich derselbe in den obersten Kupferscheiben beim Garen in solcher Menge an, dass deren Verarbeitung auf Nickel vortheilhaft erscheint. Wille fand in Garkupfer aus dem Kupferschiefer bei Riechelsdorf in Hessen

13,6 12,8 2,9 12,1 7,8 Proc. Nickel.

In den obersten Garkupferscheiben findet sich das Nickel zuweilen in Nickeloxydulkrystallen; in einem Stück Rosettenkupfer aus Tergove (kroatische Militairgrenze) fand sich in den Höhlungen krystallisirtes Nickeloxydul, dessen Menge 11 Proc. vom Gewicht des Kupfers betrug.

Mitunter erzeugt man bei Schmelzprocessen nickelhaltige Legirungen statt Steinen und Speisen, welche dann leichter verarbeitet werden können, als letztere, so verschmilzt man z. B. in Mansfeld nickelhaltige Garkupferschlacken auf nickelhaltiges Kupfer, welches man hierauf mit Schwefelsäure behandelt. In Klefva in Schweden wurde früher der kupfer- und nickelhaltige Magnetkies (welcher 3,17 Proc. Nickel enthält) geröstet und im Schachtofen auf eine Legirung von Eisen, Nickel und Kupfer (Rohnickelsau) verschmolzen, welche man mit Zuschlag von Quarz garte und dadurch in eine Legirung, aus 70—80 Proc. Nickel, 18—22 Proc. Kupfer und 1,5—2,5 Proc. Eisen bestehend, verwandelte. Später wurde dieser Process von Bredberg dadurch wesentlich verbessert, dass nach Analogie der Kupferprocesse die Roharbeit und die Concentration des Rohsteines eingeführt wurde.

Die Darstellung von Nickel oder von Nickelkupferlegirung.

195. II. Die Darstellung von metallischem Nickel oder einer Legirung desselben mit Kupfer aus dem Producte der Concentrationsarbeit geschieht entweder

α) auf trocknem oder

β) auf hydrometallurgischem Wege.

α) Nickelgewinnung auf trocknem Wege. Die bisher befolgten Methoden der Darstellung des Nickels auf trocknem Wege führten zu keinem genügenden Ergebniss. Durch wiederholtes Rösten von Nickelspeise mit Kohlenpulver und Holzspänen, wie es von v. Gersdorf vorgeschlagen worden ist, lässt sich zwar Nickeloxyd erhalten, welches dann durch Kohle zu Metall reducirt werden kann, das Nickeloxyd ist aber stets mit arsensaurem Nickeloxyd und das daraus dargestellte Nickel mit Arsen verunreinigt, wodurch das Nickel und das Neusilber spröde wird und die Eigenschaft erlangt, an der Luft bald braun anzulaufen. Auch das Eisen, welches das Nickel in der Speise immer begleitet, lässt sich auf dem angegebenen Wege nicht entfernen. Bessere Resultate giebt das von H. Rose im Jahre 1863 vorgeschlagene Verfahren, arsenfreies Nickel aus Nickelspeise dadurch darzustellen, dass

man die gepulverte Speise mit Schwefel mengt und erhitzt, wobei unter Bildung von Schwefelnickel Schwefelarsen verflüchtigt wird. Ein etwaiger Arsenrückstand kann durch Rösten des Schwefelnickels und nochmaliges Erhitzen mit Schwefel völlig entfernt werden. Das zuletzt beim Rösten erfolgende schwefelsaure Nickeloxydul entlässt beim starken Glühen seine Schwefelsäure. Das Oxyd wird durch Kohle reducirt.

Zu Dillenburg hat man aus dem Raffinationsstein (aus Nickel, Kupfer, Eisen und Schwefel bestehend) dadurch eine Nickelkupferlegirung darzustellen versucht, dass man den gepochten Stein vollständig abröstete und dann in Mengen von 100 Pfund mit 45 Pfund Soda in einem Flammenofen bei Rothglühhitze behandelte, um den Schwefel als Schwefelnatrium löslich zu machen. Man laugt Schwefelnatrium und schwefelsaures Natron mit Wasser aus.

196. β) Nickelgewinnung auf nassem Wege. Der hydrometallurgischen Nickelausscheidung geht gewöhnlich ein Rösten der Erze oder nickelhaltigen Hüttenproducte (Speise, Stein) voraus, um das vorhandene Eisen in das in Säuren lösliche Eisenoxyd überzuführen, das Nickel, Kupfer und Kobalt aber entweder als Sulfate in Wasser oder als Oxyde oder basische Salze in Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure) löslich zu machen. Aus der Lösung wird das Nickel durch ein entsprechendes Reagens als Oxyd oder als Sulfuret gefällt und aus dem Niederschlage metallisches Nickel oder Kupfernickellegirung dargestellt. Die Gewinnung des Nickels auf nassem Wege zerfällt folglich in drei Phasen, nämlich

1) in die Darstellung der Nickellösung,
2) in die Fällung des Nickels,
3) in die Ueberführung des Niederschlages in Metall oder Legirung.

1) Darstellung der Nickellösung. Werden nickelhaltige Steine (mit oder ohne Zusatz von Eisenvitriol) geröstet, so bilden sich zunächst die schwefelsauren Salze der vier Metalle Eisen, Kupfer, Nickel und Kobalt, welche bei gesteigerter Temperatur in verschiedenen Hitzgraden sich zersetzen, am ersten das schwefelsaure Eisenoxydul und Oxyd, am schwierigsten das schwefelsaure Kobaltoxydul. Aus dem Röstgut lässt sich mittelst Wasser der grösste Theil des Nickels und Kobalts, auch etwas Kupfer extrahiren, während das Eisen nebst einem Theil des Kupfers (mit kleinen Mengen von Kobalt und Nickel) ungelöst zurückbleiben. Aus dem Rückstande lässt sich durch Säuren das Kupferoxydul und Nickeloxydul extrahiren. Wird das Röstgut sofort mit Salzsäure extrahirt, so löst sich mehr Kupferoxyd als Nickeloxydul; aus dem Rückstande lässt sich durch heisse concentrirte Säure Nickel- und Eisenoxyd extrahiren. Aus der Speise lässt sich das Arsen entfernen und das Nickel in Lösung bringen, wenn man die geröstete Speise mit einem Gemenge von Natronsalpeter und Soda glüht, das entstandene

arsensaure Natron mit Wasser auszieht, den Rückstand mit Schwefelsäure behandelt und dann unter Zurücklassung von Eisenoxyd Nickel- und Kobaltvitriol extrahirt. Nach dem Vorschlage von Wöhler kann man das Arsen durch Schmelzen der Speise mit Schwefelnatrium und Auslaugen der Masse in Gestalt von Sulfosalz entfernen.

2) Die Fällung des Nickels aus der Lösung geschieht auf verschiedene Weise, so nach Stapff (1858) durch Kreide, mittelst deren man durch fractionirte Fällung bei verschiedenen Temperaturen zuerst Eisen und Arsen, dann Kupfer abscheiden kann, so dass nur noch Nickel in der Lösung sich befindet, aus welcher das Nickel durch eisenfreie Kalkmilch gefällt wird. Nach Louyet (1849) wendet man zum Fällen des Eisens etwas Chlorkalk und Kalkmilch an; der Niederschlag, welcher alles Eisen und Arsen enthält, wird abfiltrirt. Aus dem sauren Filtrat fällt man durch Schwefelwasserstoff Wismuth, Blei und Kupfer und kocht das Filtrat mit Chlorkalk, wodurch das Kobalt als Superoxyd ausgeschieden wird, während das Nickel allein in Lösung bleibt. Um reines Kobaltoxyd zu erhalten, muss man die Fällung durch Chlorkalk so vorsichtig leiten, dass noch etwas Kobalt beim Nickel bleibt, da eine Beimengung von Kobalt dem Nickel nicht schadet. In Joachimsthal fällt man aus der sauren Flüssigkeit, aus welcher durch Schwefelwasserstoffgas das Kupfer entfernt wurde, das Nickel durch zweifach-schwefelsaures Kali in Gestalt von schwer löslichem schwefelsaurem Nickeloxydul-Kali, wo dann nickelfreies Kobalt in der Lösung bleibt, welches durch kohlensaures Natron gefällt wird. Auch die Eigenschaft des salpetrigsauren Kalis, Nickel zu fällen, ist zur Nickeldarstellung in Vorschlag gebracht worden.

3) Die Ueberführung des Nickelniederschlages in Nickelmetall (oder in Kupfernickel) kann beispielsweise auf folgende Weise geschehen: Das aus der schwefelsauren Nickeloxydullösung mit Kalkwasser gefällte Nickeloxydulhydrat wird durch Filtriren und Pressen so verdichtet, dass es getrocknet werden kann, was in einem Trockenflammenofen durch die abziehende Flamme des Verblaseofens geschieht. Nach dem Trocknen wird der Niederschlag mit Wasser gemahlen und mit salzsäurehaltigem Wasser so lange gewaschen, bis aller Gyps, welcher dem Niederschlage in der Menge von 8—12 Proc. beigemengt war, entfernt ist. Das reine Nickeloxydul wird nun mit gewissen consistenzgebenden Mitteln (man nahm früher ein Gemenge von Roggenmehl mit Rübenmelasse) zu einem steifen Teig eingestampft, der in Würfel von 1,5—3 Centimeter Seite zerschnitten wird. Diese Würfel werden schnell getrocknet und nach dem Trocknen mit Kohlenstaub in Tiegeln bei starker Hitze zu Metall reducirt, was bei dem kupferhaltigen Nickel leicht, in $1^1/_2$ Stunden, bei dem reinen Nickel dagegen schwerer von statten geht und 3 Stunden starker Weissglühhitze beansprucht. Das kupferhaltige Nickel, Kupfernickel, tritt hierbei in wirkliche

Schmelzung, während das reine Nickel seiner Strengflüssigkeit wegen nur in einen stark zusammengesinterten, dem äusseren Ansehen nach völlig compacten Zustand übergeht und so als Würfelnickel in kleinen etwas unregelmässigen Würfeln von etwa 1 Centimeter Seitenlänge in den Handel kommt, denen man zuweilen durch Rotirenlassen mit Wasser in Fässern den gewünschten Metallglanz ertheilt. Auf der Isabellenhütte bei Dillenburg wird das Kupfernickel nicht mehr zu Würfeln geformt, sondern nach Art des Rosettenkupfers zu Scheiben gerissen. Um die Neusilberfabrikanten zur Abnahme des Rosettennickels zu bewegen, ist auf der Hütte dafür Sorge getragen, dass die Mischungsverhältnisse immer dieselben bleiben; sie sind gegenwärtig 66,67 Proc. Kupfer und 33,33 Proc. Nickel.

Das Würfelnickel enthält 94 bis 99 Proc. Nickel.

Die Production an Nickel ist gegenwärtig eine sehr bedeutende und beträgt

im Zollverein	6500	Centner,
in Oesterreich	1800	,,
in Belgien	900	,,
in Frankreich	650	,,
	9850	Centner im Werthe von 1,600,000 Gulden.

Das Kobalt [1]).

197. Das Kobalt (cobalt, *cobalt*) ist als Metall erst im Jahre 1733 von Brandt erkannt worden. Dass die Erze des Kobaltes die Eigenschaft besitzen, dem Glase eine blaue Färbung zu ertheilen, war dagegen seit längerer Zeit bekannt. Nach den zuverlässigsten Angaben ist die Erfindung des blauen Kobaltglases um 1550—1560 gemacht worden. Als der Erfinder wird der böhmische Glasmacher Christoph Schürer genannt, der sein Geheimniss an die Engländer verkaufte, welche Farbemühlen anlegten und die Kobalterze aus Sachsen kommen liessen. In der Mitte des 16. Jahrhunderts entstanden auch in Böhmen Farbemühlen. Alle diese Werke gingen aber ein, als Kurfürst Georg I. die Kobaltausfuhr aus Sachsen verbot und selbst die noch bestehenden Blaufarbenwerke bei Schneeberg anlegte.

Das metallische Kobalt wird seit einigen Jahren in der grossen

1) Literatur: Th. Scheerer, Lehrbuch der Metallurgie, Braunschweig 1848, Bd. I p. 215; J. A. Hülsse, Maschinen-Encyclopädie, Leipzig 1844, Bd. II p. 221; F. C. Rammelsberg, Lehrbuch der chem. Metallurgie, Berlin 1865, p. 465; C. Fr. Plattner, Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, Leipzig 1863, Bd. II p. 358; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1855, Bd. III Abtheil. 1, p. 367 (in der neuen Auflage des Werkes vom Jahre 1865 ist Kobalt ausgemerzt); R. Ludwig, Journ. f. pract. Chemie LI p. 129; Dingler's polytechn. Journal CXIX p. 443.

Nickelfabrik von Fleitmann in Iserlohn im Grossen dargestellt. Die Metallwürfel, unter welcher Form das Kobalt im Handel sich findet, haben eine stahlgraue Farbe mit einem Stich ins Röthliche, lebhaften Metallglanz und sind einer schönen Politur fähig. Das Kobalt ist geschmeidig, dehnbar und übertrifft an Zähigkeit das Eisen. Erst bei sehr hoher Temperatur schmilzt es. Von verdünnten Säuren wird es langsam, von Salpeteräure und Königswasser leichter aufgelöst. Sein specifisches Gewicht ist im Mittel 8,957. Man erhält es als Nebenproduct bei der Nickeldarstellung nach einem nicht bekannt gewordenen Verfahren. Im Kleinen kann man Kobalt durch Behandeln von Chlorkobalt mit Natriumamalgam darstellen, wobei sich Kobaltamalgam bildet, von welchem das Quecksilber abdestillirt wird.

Die Fabrikation des metallischen Kobalts, für welches die Technik jedoch noch die Verwendung ausfindig zu machen hat, datirt erst seit neuerer Zeit, seitdem durch das Emporblühen der Ultramarinfabrikation die blauen Kobaltfarben, früher so überaus geschätzt, fast überflüssig geworden sind. Trotzdem stellt man noch Kobaltoxyd, blaues Kobaltglas und andere Kobaltpräparate auf den sogenannten Blaufarbenwerken dar.

Die wichtigsten Kobalterze sind das Speisskobalt (cobalt arsenical, *grey cobalt-ore*) Co As, Kobalt zum Theil durch Nickel und Eisen vertreten (mit 3—24 Proc. Kobalt und 0,0—35 Proc. Nickel); das Glanzkobalt (Kobaltglanz, cobalt gris, *cobalt-glance*) $CoS_2 + CoAs$, enthält gegen 35 Proc. Kobalt, wovon jedoch ein kleiner Theil durch Eisen ersetzt sein kann; schwarzes Erdkobalt (Kobaltschwärze, cobalt oxidé noir, *black cobalt-ore*) MnO_2, CoO, HO, zuweilen gemengt mit Eisenoxyd, arsensaurem Kobaltoxydul und Thonerdesilicaten, enthält bis zu 15 Proc. Kobalt; Kobaltblüte, $AsO_5, 3\,CoO + 8\,HO$. Ausserdem sind die meisten Nickelerze (vergl. S. 225) auch zugleich Kobalterze. Auch in manchen Braunsteinsorten findet sich Kobalt (und Nickel).

Die Bereitung der Smalte.

198. Unter Smalte (blaue Farbe, Kobaltfarbe, smalte, bleu d'azur, *smalt, powder blue*) versteht man ein in den Blaufarbenwerken dargestelltes, feingemahlenes blaues Glas, dessen tingirender Bestandtheil das Kalikobaltoxydulsilicat $CoO, 2\,SiO_3 + KO, 2\,SiO_3$ ist. Es ist kein anderes Metalloxyd bekannt, das für Glasflüsse ein so starkes Färbevermögen besässe, als das Kobaltoxydul. 1 Theil dieses Oxydes färbt 250 Th. Glas noch deutlich blau. Die Intensität der Farbe ist von der mechanischen Zertheilung des Glases abhängig. Je feiner das gemahlene und geschlämmte Glas ist, desto mehr Kobaltoxydul muss es enthalten,

um eine genau bestimmte Farbennüance beizubehalten. Die Smalte wird nach dem Grade ihrer Feinheit verschieden bezeichnet. Die gröbste Sorte, das Streublau, kommt unter dem Namen Blausand in den Handel. Das Uebrige heisst Farbe, Couleur, oder Eschel, Sumpfeschel. Letztere setzt sich aus dem Schlammwasser zuletzt ab und erscheint wegen ihrer grossen Vertheilung sehr hell. Sie wird entweder umgeschmolzen oder als hellste Sorte der Eschel in den Handel gebracht. Nach dem Schlämmen wird die Farbe gesiebt und zuletzt durch Mischen des blässeren und dunkleren Mehles jede Sorte auf ihr Normalmuster gebracht. Bei der im Handel gebräuchlichen Bezeichnung der Escheln, Couleuren und Blausande bedeuten SF superfein, F fein, M mittel, O ordinär, C Couleur, E Eschel, B Böhmisch, S Stück, G gesiebt, MBS Mittelblausand. Die wichtigsten Blaufarbenwerke sind die im Erzgebirge (Oberschlema, Pfannenstiel, Zschopauthal), nächst diesen sind in Deutschland von Wichtigkeit die zu Schwarzenfels im Kurfürstenthum Hessen, zu Hasserode am Harz, die Horstmannschen Werke an der Ruhr. Von ausserdeutschen Werken ist das Blaufarbenwerk zu Modum in Norwegen zu erwähnen. Die holländische Smalte (saxsisch Blaauwsel) ist in der Regel sächsisches Product. Die feinste und kobaltreichste Sorte Smalte wird Königsblau genannt.

199. Die Schönheit der Farbe des blauen Kobaltglases wird durch verschiedene fremde Körper beeinträchtigt. Natron kann bei der Smaltebereitung das Kali nicht ersetzen, weil das Natronglas immer eine violette Nüance giebt. Aehnlich dem Natron verhalten sich Kalk und Magnesia. Thonerde schadet nicht der Reinheit, wohl aber der Intensität des Farbentons. Eisenoxydul und Eisenoxyd geben der Smalte einen schwärzlichgrünen, düsteren Ton, welcher von der eigenthümlichen Färbung der Eisenoxydul- und Eisenoxydsilicate herrührt. Ordinäre Smalten können jedoch einen starken Eisengehalt ohne Nachtheil vertragen, während ein selbst geringer Eisengehalt bei hochfarbigen Sorten von entschiedenem Nachtheile ist. Manganoxyde können ebenfalls zu geringen Smalten ohne Nachtheil in grösseren Mengen zugesetzt werden; bessere Sorten werden jedoch dadurch violett. Nickeloxydul giebt eine unangenehme Nüance. Smalten, welche Nickeloxydul enthalten, sind zu feineren Glasuren, die ein reines Blau besitzen sollen, untauglich, selbst beim Appretiren der Leinwand, wozu man indessen gegenwärtig fast allgemein Ultramarin anwendet, veranlassen sie einen dem geübten Auge wahrnehmbaren graulichen Schimmer. Auch Kupferoxydul, Zinkoxyd, Wismuth und Antimonoxyd beschmutzen den reinen Farbenton höherer Smaltemuster. Bleioxyd ist der einzige Stoff, welcher dem Smalteglasflusse selbst in bedeutender Quantität zugesetzt werden kann, ohne dass dadurch die Farbe beeinträchtigt wird. Als Verdünnungs- und Flussmittel bei Glasuren ist es jedoch ganz unschädlich für die Färbung.

200. Bei der Darstellung der Smalte kommen folgende Operationen vor:

1) das Rösten der Kobalterze,
2) das Beschicken der Kobalterze,
3) das Schmelzen des Gemenges,
4) die Zerkleinerung des Glases.

Die Kobalterze müssen mit grosser Sorgfalt aufbereitet werden, besonders wenn sie in der Gebirgsart fein eingesprengt vorkommen. Die bei der Handscheidung und beim Siebsetzen ausgehaltenen Erze werden unter Trockenpochwerken oder unter Walzwerken zerkleinert und durch Sieben auf ein gleiches Korn gebracht. Die derben und reinen Erze werden zu Zaffer verarbeitet. Die wismuthhaltigen Kobalterze, wie sie z. B. in Schneeberg in Sachsen zur Verarbeitung kommen, werden von dem Wismuth durch das Absaigern befreit (vergl. S. 135). Die abgesaigerten Erze (Wismuthgraupen) werden in der Regel nur zerkleinert und in kleinen Portionen bei den gewöhnlichen Beschickungen mit angewendet.

1) Durch das Rösten der Kobalterze sollen Schwefel, Antimon und Arsen entfernt werden. Die Röstöfen sind von den gewöhnlichen Röstöfen nicht verschieden, nur sind sie mit Condensationsräumen versehen, die zum Auffangen der arsenigen Säure dienen, indem man den Fuchs, anstatt in die Esse, in jene Räume leitet. Das in den dem Fuchse zunächst liegenden Zügen sich absetzende Arsenmehl enthält einige Procente Kobaltoxydul mechanisch beigemengt und wird später der Beschickung zugesetzt. Solche Kobalterze, welche viel Schwefel und Antimon enthalten, dürfen nur mit Vorsicht und bei allmälig gesteigerter Hitze geröstet werden, weil sie leicht zusammenbacken.

201. 2) Das Beschicken der Kobalterze. Das mit Quarz, Potasche und Arsenikmehl beschickte geröstete Kobalterz wird das Gemenge genannt. Die Reinheit der Zuschläge ist auf die Schönheit der herzustellenden Smalte von grossem Einfluss. Die Vorbereitung des Quarzes besteht darin, dass man Haufen von mehreren Centnern stark glüht und nach dem Erkalten zu feinem Sand pocht. Der erhaltene Sand wird, weil der Sandzusatz zum Kobalterze dem Gewichte nach bestimmt wird, abermals geglüht, nach dem Erkalten abgesiebt und zum Gebrauche aufbewahrt. Auch die Potasche wird durch Glühen vorbereitet und nachher, gegen Feuchtigkeit geschützt, aufbewahrt. Die Quantität des zuzusetzenden Glases richtet sich nach der vorher durch Proben bestimmten tingirenden Kraft des Erzes und der Höhe der zu erzielenden Farbe. Die Menge der Potasche beträgt in der Regel den vierten Theil vom Gewichte des ganzen Gemenges; eine grössere Quantität macht die Farbe unansehnlich, eine geringere giebt ein zu strengflüssiges Glas.

3) Das Schmelzen des Gemenges. Die Einrichtung und

der Betrieb der Oefen in den Blaufarbenwerken stimmt mit der der gewöhnlichen Glasöfen im Wesentlichen überein. Der Ofen ist bald kreisrund, bald viereckig. Ein jeder Ofen enthält acht Glashäfen aus sehr feuerfestem Thone, welche auf die Bänke rings um den Rost gestellt werden. Vor jedem Hafen befindet sich, wie in den Glashütten, ein Arbeitsloch, unterhalb dessen aber eine andere Oeffnung, das Knieloch, durch welches das etwa aus dem Hafen geflossene und verschüttete Glas aus dem Ofen gezogen werden kann. Dort, wo sich während des Schmelzens Speise bildet, haben die Häfen zur Seite am Boden eine Oeffnung (das Speiseloch), welche während des Schmelzens mit Thonpfropfen verschlossen wird, aber sogleich nach vollendeter Schmelzung aufgemacht werden kann.

Man hat bei dem sehr einfachen Schmelzprocess nur darauf zu sehen, dass das Glas in einen recht dünnen Fluss kommt und dass die Masse von Zeit zu Zeit umgerührt wird, damit sie nicht ungleichartig ausfällt. Wenn das Glas durch und durch gleichförmig ist und die Speise zu Boden gegangen ist, so lässt der Schmelzer durch das Speiseloch die Speise ab und schöpft mit einer Schöpfkelle das Glas in ein Wasserreservoir, in welches unablässig frisches Wasser einströmt. Das Glas wird abgeschreckt und lässt sich später um so leichter zerkleinern. Wendet man sehr reine Potasche an, so bildet sich keine Glasgalle; da dies aber selten der Fall ist, so fällt immer Glasgalle ab. Die geschmolzene Masse bleibt einige Zeit ruhig stehen, es bilden sich dann zwei Schichten. Nachdem die obere, blassblau gefärbte, aus schwefelsaurem Kali, Chlorkalium und etwas kieselsaurem Kali bestehende mit einem eisernen Stabe abgehoben worden ist, findet man darunter das blaue Kobaltglas.

Ein jeder Hafen fasst ungefähr 3 Centner Beschickung. Die in einem Ofen befindlichen acht Häfen geben in 24 Stunden gegen 19 Ctr. Kobaltglas und 25—70 Pfd. Kobaltspeise. 100 Theile Beschickung geben gegen 88—90 Th. Glas.

Das als Nebenproduct fallende und zur Nickelgewinnung (vergl. S. 228) angewendete Kobalt oder Kobaltspeise ist wesentlich Arsennickel, und enthält ausser geringen Mengen von Kobalt, Eisen u. s. w. auch grössere oder geringere Mengen von Schwefelmetallen.

202. 4) Die Zerkleinung des Glases. Das erhaltene Kobaltglas wird in Pulver verwandelt, um daraus die verschiedenen Sorten Smalte zu bereiten. Man beginnt mit dem Trockenpochen des Sandes und siebt den Pochsand trocken durch ein Sieb. Das Kobaltglas ist nun in gewöhnlichen Sand verwandelt, der auf Mühlen gemahlen wird, die sich von den gewöhnlichen nur wenig unterscheiden. Die Mühlsteine bestehen aus Granit. Die auf der Mühle dargestellte Smalte wird aus den Mühlfässern in die Untersetzfässer abgezapft, aus welchen sie

sogleich in grosse Waschfässer gefüllt wird. In diesen setzt sich zuerst das Streublau ab. Die Trübe wird sogleich in ein zweites Waschfass übergefüllt, in welchem sich die eigentliche Farbe oder Couleur absetzt. In dem dritten Gefässe setzt sich aus der Trübe die Eschel ab. In dem letzten Gefässe bleibt die Flüssigkeit, bis sie vollständig klar geworden ist. Farben und Eschel werden noch verwaschen und die Waschwasser werden in Sümpfen aufgefangen, in welchen sich die Sumpfeschel absetzen. Die aus den Gefässen ausgehauenen Farben und Eschel werden getrocknet, gerieben und gesiebt. 100 Th. Kobaltglas geben, nachdem die verschiedenen Operationen des Waschens damit durchgemacht worden sind, gegen 95 Th. Farbenmasse, wozu auch die Rückstände und die Sumpfeschel gerechnet sind, welche bei neuen Schmelzungen wieder zugegeben werden. An käuflicher Waare (Smalte, Streublau) liefern 100 Th. Kobaltglas 60—70 Theile.

Als Beispiele der Zusammensetzung der Smalte mögen folgende Analysen von R. Ludwig, früher Fabrikinspector zu Schwarzenfels in Kurhessen, dienen:

	Norweg. Smalte.	Deutsche Smalte.	
	(höhere Couleur)	(hohe Eschel)	(grobe blasse Couleur)
Kieselerde	70,86	66,20	72,12
Kobaltoxydul	6,49	6,75	1,95
Kali und Natron	21,41	16,31	1,80
Thonerde	0,43	8,64	20,04

Ausserdem fanden sich darin kleine Mengen von Eisenoxydul, Kalk, Nickeloxydul, Arsensäure, Kohlensäure und Wasser.

Die Zusammensetzung der Smalte ist derartig, dass ohne die Anwesenheit von Metalloxyden und Erden sich ein beträchtlicher Theil als Wasserglas lösen würde. Für eine gute Smalte ist in der That die Anwesenheit eines Antheiles in Wasser auflöslichen kieselsauren Kalis ein wesentliches Erforderniss. Während der Aufbereitungsarbeit werden der Glasmasse 2,6—3 Proc. kieselsaures, kohlensaures und arsensaures Kali durch Auflösen entzogen, dessen ungeachtet bleiben in den Smalten 0,75—1,25 Proc. Wasserglas zurück, welche der Smalte manche für deren Gebrauch schätzenswerthe Eigenschaften ertheilen. Sie unterstützen namentlich beim Bleichen und Bläuen der Leinwand dadurch, dass sie die Entfettung ohne Nachtheil für die Stärke der Faser bewirken, sehr wesentlich den Wasch- und Bleichprocess und tragen dazu bei, dass die mit Smalte gebläute Wäsche stets leuchtender und reiner von Grund wird, während andere Bläumittel den Grund des Gewebes beschmutzen, indem sie den einen oder den anderen Stoff in dem Gewebe ablagern. Dieser Wasserglasgehalt ertheilt der Smalte die Eigenschaft, Wasser aus der Luft aufzunehmen und theils chemisch, theils nur mechanisch zu binden. Im Durchschnitt beträgt der Wassergehalt 1 Proc. und verursacht die beliebte Eigenschaft der Eschel, welche

man mit dem technischen Ausdrucke „das Ballen" bezeichnet und in deren Folge sie wie feines lockeres Mehl erscheint.

Eigenschaften der Smalte und ihre Prüfung.

203. Die von der Smalte verlangten Eigenschaften richten sich je nach der Anwendung, die davon gemacht werden soll. Die Verschiedenheiten, die man an den verschiedenen Smalten wahrnimmt, beziehen sich auf den Grad der Feinheit des Kornes und die Höhe der Farbe, zuweilen auch auf die Nüance. Eigenschaften, die einer jeden guten Smalte zukommen, sind folgende: 1) jede Smaltesorte, sie mag nun grob oder fein sein, muss aus gleich grossen und gleich dunkelgefärbten Körnchen bestehen; 2) sie muss sich wie feines Getreidemehl ballen und darf kein sandiges Pulver bilden; 3) sie darf kein Knötchen enthalten, was von zu grossem Wasserglasgehalte herrühren würde, sie wird dadurch zur Verwendung für die Appretur des Leinens untauglich, indem dadurch blaue Flecken im Weisszeug hervorgebracht werden; 4) sie darf nicht mit Gyps, Sand, schwefelsaurem Baryt oder Ultramarin verfälscht sein.

Der grösste Theil der Smalte wird verwendet, gelblich- oder röthlichweisse Stoffe dem Auge rein weiss erscheinen zu lassen. Die blaue Farbe der Smalte ist die Complementärfarbe für diesen gelblichweissen Ton. Man nennt diese Art des Verbrauches der Smalte „das Bläuen"; sie findet nicht nur bei der Wäsche, bei Lein- und Baumwollenzeug, sondern auch bei Bleiweiss und anderen weissen Farbstoffen, selbst bei Meliszucker statt. Zu letzterem Zweck ist indessen wol überall die Smalte durch das Ultramarin verdrängt worden. Dasselbe lässt sich auch vom Bläuen des Papieres sagen, wo man wol jetzt kaum noch Smalte anwendet, da diese ihrer Schwere wegen sich dazu nicht eignet. Auch als Tünche wird die Smalte vielfach benutzt. Zum Anstrich mit Wasserglas ist sie besonders gut geeignet.

204. Zur Prüfung der Smalte wendet man 1) das aufs Musterlegen, 2) die Wasserprobe, 3) die Säureprobe an.

Das aufs Musterlegen. Ein jedes Blaufarbenwerk hat eine bestimmte Reihenfolge von Smalten als Grundmuster aufgestellt und mit gewissen Zeichen belegt. Diese Muster unterscheiden sich nicht allein im Korn, sondern auch im Kobaltgehalte. Durch das aufs Musterlegen beabsichtigt man nun eine Smalte mit dem Grundmuster zu vergleichen. Zuerst ermittelt man durch den Augenschein, ob die vorliegende Smalte zu einem gröberen oder feineren, dunkleren oder helleren Muster passt. Dasjenige, welchem sie am ähnlichsten erscheint, wird mit einem Messer oberflächlich eben gedrückt, darauf eine erbsengrosse Partie des zu vergleichenden Musters gebracht und dasselbe vollkommen in die vorher gebildete Ebene eingedrückt. Man erkennt nun leicht, ob

die zu prüfende Smalte mit dem Grundmuster an Farbe, Ton und Korn übereinstimmt oder nicht. Findet dies statt, so macht man die Gegenprobe, indem man auf die zu vergleichende Smalte eine Probe vom Grundmuster eindrückt. Die Grösse des Kornes wird hierbei durch eine gute Lupe bestimmt. Bei dieser Probe muss der Feuchtigkeitsgrad beider Smalten gleich gross sein, da feuchte Smalte dunkler gefärbt erscheint als trockne. Man lässt deshalb beide Sorten vor der Probe 6—8 Stunden lang an einem etwas feuchten Ort offen neben einander liegen. Beigemengten Gries ermittelt man, indem man eine Messerspitze voll mit dem Finger über ein glattes Papier streicht.

Die Wasserprobe wird angewendet, um zu erfahren, ob die Feinheit der Eschelkörnchen übereinstimmt. Es werden zu dem Ende von den mit einander zu vergleichenden Smalten gleiche Volumen, etwa ein Fingerhut voll, in zwei gleich grosse Cylindergläser gebracht, mit gleichen Mengen Wasser übergossen und tüchtig aufgerührt. An der Trübe schon lässt sich leicht der grössere Gehalt an feinerem Mehle erkennen; die gröbere Smalte wird sich aber auch schneller zu Boden setzen als die feinere. Bei dieser Probe findet man auch, ob eine Smalte Gries enthält oder mit Gyps, Schwerspath etc. verfälscht ist.

Die Säureprobe wird angewendet, wenn eine Verfälschung der Smalte mit Ultramarin vermuthet wird. Man bringt von der zu prüfenden Smalte und dem ähnlichsten Grundmuster gleiche Mengen in zwei Cylindergläser und übergiesst sie mit schwacher Salzsäure: die Farbe des Ultramarins wird unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zerstört und man erkennt, wenn man die Proben mit gleichen Mengen Wasser zusammenschüttelt, leicht an der Farbenverschiedenheit die stattgefundene Verfälschung.

Bereitung von Zaffer.

205. Unter Safflor (Saflor) oder Zaffer versteht man das fertige Röstproduct, welches nach dem Abrösten der Kobalterze bleibt, gemischt mit einer bestimmten Menge Quarzsand, damit blaue Gläser von einer bestimmten Höhe sich bilden, wenn der Safflor mit einem Zusatz von Potasche zu Glas geschmolzen wird. Je nach ihrer Reinheit unterscheidet man ordinäre (OS), mittlere (MS) und feine (FS und FFS) Safflore. Sie bestehen wesentlich aus Kobaltoxydul, Kobaltoxyd, Arsen, Nickel, mit Spuren von Eisen-, Mangan-, Wismuthoxyd u. s. w. und dem zugesetzten Quarzsand. Auf den norwegischen Blaufarbenwerken stellt man Safflor durch Fällen einer Lösung von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit einer Lösung von kohlensaurem Kali dar.

Das zu blauen Farben auf Glas, Email, Porcellan und Thonwaaren überhaupt angewendete Kobaltoxydul (Kobaltoxyd) wird auf den Blaufarbenwerken und in den Nickelfabriken theils auf trocknem, theils

auf nassem Wege dargestellt. Ersteren Weg schlägt man in England und Norwegen, letzteren in Sachsen und auf den tunaberger Kobaltwerken in Schweden ein. Das schwarze Kobaltoxyd des Handels (RKO) besteht zum grössten Theile aus reinem Kobaltoxyd ($Co_2 O_3$) und wird dargestellt, indem man Kobaltoxydulhydrat oder kohlensaures Kobaltoxydul bei Zutritt der Luft längere Zeit erhitzt. Auf den sächsischen Blaufarbenwerken unterscheidet man folgende Sorten Kobaltoxyd: PKO phosphorsaures Kobaltoxydulhydrat, RKO Kobaltoxyd ($Co_2 O_3$), AKO arsensaures Kobaltoxydulhydrat, KOH Kobaltoxydulhydrat. Neuerdings stellt man das Kobaltoxydul bei der Fabrikation von Nickelmetall als Nebenproduct (vergl. S. 231) auf nassem Wege dar. Das Kobaltoxydul wird auch angewendet zur Darstellung von Kobaltultramarin (Kobaltoxydul-Aluminat), Rinmann's Grün (Zinkoxyd-Kobaltoxydul) und Coeruleum (zinnsaures Kobaltoxydul). Das in neuerer Zeit beim Tapeten- und Zeugdruck vielfach angewendete Kobaltviolett ist geglühtes phosphorsaures Kobaltoxydul.

Das Mangan[1]).

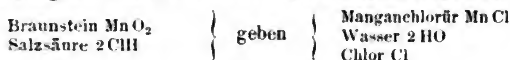
206. Das in technischer Beziehung allein wichtige Manganerz ist der Braunstein (Mangansuperoxyd, Pyrolusit, Polianit, Graubraunsteinerz, Weichmanganerz, Glasmacherseife, manganèse oxide, savon de verrerie, *manganese ore*), welcher in reinem Zustande 63,64 Mangan und 36,36 Sauerstoff enthält und nach der Formel $Mn O_2$ zusammengesetzt ist, aber in der Regel geringe Mengen von Baryt, Kieselerde und Wasser, nicht selten auch grössere Mengen von Nickel, Kobalt und Thallium enthält. Ausserdem sind von bisweilen angewendeten Manganerzen anzuführen der Braunit $Mn_2 O_3$, der Manganit $Mn_2 O_3$, HO, der Varvicit $Mn O_2 + Mn_2 O_3$, HO, der Hausmannit $Mn_3 O_4$ und Psilomelan $Mn O$, $2 Mn O_2$, HO, Manganoxydul zum Theil ersetzt durch Kali, Baryt, Magnesia, Kupferoxydul etc. Der Braunstein des Handels ist meist ein Gemenge von Pyrolusit mit Hausmannit, Braunit und anderen Manganerzen.

Der Braunstein dient zur Bereitung von Sauerstoffgas, von Chlor und unterchlorigsauren Salzen (Chlorkalk), zur Jodgewinnung aus dem Kelp, zum Entgolden der goldhaltigen Kiese, zum Entfärben und Färben des Glases, in der Glas- und Emailmalerei, zur braunen Töpferglasur, zur Färbung der Masse gewisser Arten feineren Steingutes, zum Färben und Marmoriren der Seifen, beim Eisenpuddeln, in der Färberei und

---

1) Literatur: B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Freiberg 1855, Bd. III, Abtheil. 1, p. 385—392; C. Zerrenner, Die Braunstein- oder Manganerz-Bergbaue, Leipzig 1861.

Zeugdruckerei zur Erzeugung von Bisterbraun, zur Darstellung des übermangansauren Kalis, welches in der Desinfection eine grosse Rolle spielt etc. Die wichtigste Anwendung des Braunsteins ist die zur Entwickelung von Chlor, zu welchem Zwecke der Braunstein mit Salzsäure:



Braunstein MnO_2 Salzsäure $2ClH$	geben	Manganchlorür $MnCl$ Wasser $2HO$ Chlor Cl

oder mit Kochsalz und Schwefelsäure erhitzt wird:



Braunstein MnO_2 Kochsalz $NaCl$ Schwefelsäure $2SO_3$	geben	Manganvitriol MnO, SO_3 Glaubersalz NaO, SO_3 Chlor Cl.

Das Vorkommen und die Production an Braunstein in Deutschland ist etwa folgende:

Grossherzogthum Hessen:	Giessen	150,000 Ctr.	155,300 Ctr.
	Battenberg	2500 ,,	
	Rossbach	2000 ,,	
	Eimelrod	800 ,,	
Herzogthum Nassau			400,000 ,,
Stromberg bei Kreuznach			25,000 ,,
Crettnich bei Birkenfeld			1,400 ,,
Grossherzogthum Baden			1,500 ,,
Königreich Bayern (bei Göpfersgrün)			800 ,,
Oesterreich (Platten in Böhmen)			3,200 ,,
Königreich Sachsen			4,000 ,,
Ilfeld und Elbingerode am Harze			60,000 ,,
Schmalkalden in Kurhessen			2,500 ,,
Fürstenthum Schwarzburg-Sondershausen			12,000 ,,
Herzogthum Sachsen-Gotha (Liebenstein)			60,000 ,,
			655,700 Ctr.

Braunsteinprobe.

207. Der Handelswerth des Braunsteins ist abhängig: 1) von der Quantität des ausserhalb des Manganoxyduls (MnO) vorhandenen Sauerstoffs oder auch des Chlors, welche der Braunstein zu entwickeln vermag; 2) von den Beimengungen an in Säure löslichen Substanzen (kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Baryt, Eisenoxyd), welche bei der fabrikmässigen Anwendung des Braunsteins zur Chlorentwickelung einen Theil der benutzten Säure sättigen; auch können zwei verschiedene, von jenen Beimengungen freie Braunsteinsorten, um eine gleiche Menge Chlor zu entwickeln, verschiedene Quantitäten Säure erfordern und dadurch ungleichen Werth erhalten; dies ist z. B. der Fall, wenn eine Braunsteinsorte ausser Mangansuperoxyd (MnO_2) auch Manganoxyd (Mn_2O_3) und zwar als Hydrat enthält. Durch beigemengte Gangarten wie Quarz, Schwerspath wird der Preis durch den Raum und das Gewicht, welche sie auf dem Transporte nutzlos einnehmen, sehr erhöht; 3) von dem Wassergehalte, der bis zu 15 Proc. betragen kann.

Nach den Versuchen von Fresenius ist die zum Trocknen des Braunsteins geeignetste Temperatur 120°, weil dabei alles hygroskopische Wasser, aber kein Hydratwasser fortgeht. Für Handelszwecke ist es bequemer und vollkommen ausreichend, den fein gepulverten Braunstein in dünner Schicht sechs Stunden lang bei 100° zu trocknen, zumal auch in England alle Braunsteinproben mit bei 100° getrockneten Pulvern angestellt werden und eine allgemeine Uebereinstimmung in diesem Punkte nicht hoch genug angeschlagen werden kann. Da die bei 100° getrockneten Braunsteine bei vollständigem Trocknen bei 120° noch 0,3 bis 0,5 Proc. Feuchtigkeit abgeben, so lässt sich ja nöthigenfalls der eine Zustand auf den anderen mit Leichtigkeit reduciren.

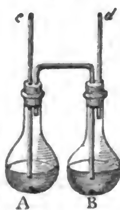
Unter der grossen Anzahl der vorgeschlagenen **Braunsteinproben** sei die zuerst von Thomson und Berthier vorgeschlagene und später von Will und Fresenius vereinfachte Methode angeführt, welche sich darauf gründet, dass ein Aequivalent Mangansuperoxyd mit Schwefelsäure übergossen und erhitzt, durch seinen frei werdenden Sauerstoff ein Aequivalent Oxalsäure in zwei Aequivalente Kohlensäure umzuwandeln vermag:


1 Aeq. Mangansuperoxyd MnO_2 | | 1 Aeq. Manganvitriol MnO, SO_3
1 Aeq. Schwefelsäure SO_3 | geben | 2 Aeq. Kohlensäure $2 CO_2$
1 Aeq. Oxalsäure C_2HO_4 | | 1 Aeq. Wasser HO.

Aus dem Gewichte der entwichenen Kohlensäure lässt sich dann leicht der Gehalt des Braunsteins an Mangansuperoxyd berechnen.

208. Zur Ausführung der Braunsteinprobe nach Will und Fresenius bedient man sich des in Fig. 66 abgebildeten Apparates. Zwei Glaskölbchen *A* und *B* werden durch luftdicht geschlossene Korke vermittelst einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre verbunden, welche in dem Kolben *A* nur bis durch den Kork, in *B* aber bis auf den Boden reicht. In jedem Kolben befindet sich noch eine an beiden Seiten offene Glasröhre *c* und *d*. In den Kolben *A* bringt man das Gemenge des zu untersuchenden, vorher bei 120° getrockneten Braunsteins mit der Oxalsäure oder des oxalsauren Kalis und so viel Wasser, dass der Kolben ungefähr bis zum dritten Theile angefüllt ist. Den Kolben *B* füllt man zur Hälfte mit englischer Schwefelsäure an. Nachdem dies geschehen, verschliesst man die obere Oeffnung der Röhre *c* mit etwas Wachs und wägt den Apparat; darauf zieht man mit dem Munde durch die Röhre *d* etwas Luft aus dem Kolben, so dass beim Entfernen des Mundes eine kleine Quantität Säure in den Kolben *A* tritt. Die Entwickelung der Kohlensäure tritt sofort ein; sie entweicht durch die Schwefelsäure in den Kolben *B* und wird dadurch getrocknet. Lässt die Kohlensäureentwickelung nach, so saugt man abermals etwas Schwefelsäure herüber

Fig. 66.



und fährt so fort, bis aller Braunstein zersetzt ist, was ungefähr 5 bis 10 Minuten Zeit erfordert. Die Beendigung des Versuches erkennt man nicht nur an dem Aufhören der Kohlensäureentwicklung, sondern auch daran, dass kein schwarzes Pulver mehr am Boden des Kolbens sich befindet. Nach vollendeter Kohlensäureentwickelung entfernt man das Wachs bei *c* und saugt längere Zeit bei *d*, um alle Kohlensäure aus dem Apparate zu entfernen. Durch nochmaliges Wägen erfährt man den Gewichtsverlust und daraus durch Berechnung die Quantität des in dem Braunstein enthaltenen Mangansuperoxydes, da sich zwei Aequivalente Kohlensäure ($2\,CO_2 = 44$) zu einem Aequivalent Mangansuperoxyd (MnO_2) verhalten wie die gefundene Kohlensäure zu x. Wendet man zu dem Versuche 2,98 Gramm getrockneten Braunstein an und dividirt die Quantität der Kohlensäure durch 3, so sind die Centigramme der entwichenen Kohlensäure der Ausdruck des Procentgehaltes an reinem Superoxyd. Auf einen Theil Braunstein wendet man $1\frac{1}{2}$ Th. neutrales oxalsaures Kali an. Braunsteinsorten, welche kohlensaure Erden enthalten, werden von diesen Beimengungen vor dem Versuche befreit, indem man eine gewogene Menge des Braunsteins mit sehr verdünnter Salpetersäure digerirt, den Braunstein dann auf ein Filter bringt, mit Wasser auswäscht und dann mit dem Filter vorsichtig in das Kölbchen *A* wirft, worauf die Operation wie gewöhnlich vorgenommen wird.

209. Von anderen Braunsteinproben seien noch die von Nolte und einige volumetrische Proben erwähnt.

Das Wesen der von Nolte empfohlenen Probe besteht darin, dass der Braunstein für jedes Atom Superoxyd als Salzsäure 1 At. Chlor frei macht und dieses wiederum 2 At. Kupfer in Chlorür verwandeln kann. Man übergiesst 0,687 Gramm Braunstein in einem Kolben mit starker Salzäure und Eisenchlorürlösung, welche 0,9 Gramm Eisen enthält, setzt 2,0 Gramm Kupferblech hinzu und erhitzt, bis die dunkelbraune Lösung hellgelb geworden ist. Das ungelöst gebliebene Kupfer wird gewogen. Betrug der Gewichtsverlust 0,78 Gramm, so enthielt der Braunstein 78 Proc. MnO_2.

Auf titriranalytischem Wege führt man die Braunsteinprobe aus:

1) indem man nach Mohr den Braunstein durch Schwefelsäure unter Zusatz von überschüssiger titrirter Oxalsäure versetzt, und den unzersetzt gebliebenen Theil der Oxalsäure durch Chamaeleonlösung ermittelt;
2) indem man aus dem Braunstein mittelst Salzsäure Chlor sich entwickeln lässt und das Chlor entweder mittelst arseniger Säure bestimmt, welche durch das Chlor in Arsensäure übergeführt wird ($AsO_3 + 2\,Cl + 2\,HO = AsO_5 + 2\,ClH$), oder durch das Chlor Jod aus einer Jodkaliumlösung abscheidet ($Cl + JK = J + ClK$) und

das Jod mittelst schwefliger Säure oder unterschwefligsaurem Natrons bestimmt;

3) indem man den Braunstein in einem Gemenge von Eisenchlorür und Salzsäure löst ($MnO_2 + 3 FeCl + 2 HCl = MnCl + Fe_2Cl_3 + 2 HO + FeCl$) und den unzersetzt gebliebenen Antheil Eisenchlorür mittelst Chamaeleon oder zweifach chromsaurem Kali bestimmt.

Das Aluminium.

I. Allgemeines und Geschichtliches.

210. Die in der Chemie unter dem Begriffe der Erden zusammengefassten Körper galten den älteren Chemikern für einfach. Lavoisier ahnte zuerst in ihnen die Natur der Metalloxyde, auf welche viele Analogieen hindeuteten. Zur Gewissheit wurde die Existenz eigenthümlicher Erdmetalle, als Sir Humphry Davy 1807 die Darstellung der Metalle der Alkalien, des Natriums und Kaliums ausführte und in dem darauf folgenden Jahre die metallischen Grundlagen des Kalks, Strontians und Baryts abschied. Dass auch die verbreitetste aller Erden, die Thonerde, aus einem Metalle und aus Sauerstoff zusammengesetzt sei, konnte von da an keinem Zweifel mehr unterliegen, es gelang sogar das procentische Verhältniss ihrer beiden Bestandtheile mit grosser Schärfe zu berechnen: aber es währte fast zwei Decennien noch, bis man das Aluminium isolirt kennen lernte. Dem um die technische Chemie der anorganischen Verbindungen hoch verdienten Wöhler war es vorbehalten, 1827 dieses Ziel zu erreichen [1]). Er benutzte zur Abscheidung des Aluminium eine Verbindung desselben mit Chlor, das Chloraluminium, aus welchem er mittelst Kalium das Chlor entfernte. Er brachte auf den Boden eines Porcellan- oder Platintiegels einige Kaliumstückchen, darüber eine gleiche Menge Chloraluminium, erhitzte den bedeckten Tiegel und behandelte den geschmolzenen Inhalt mit Wasser. Es blieb ein graues Metallpulver, das Aluminium zurück. Es lag in der Natur der Sache, dass auf diese Weise nur geringe Mengen des Aluminiums dargestellt, mithin seine Eigenschaften nur im beschränkten Grade studirt werden konnten. Bis zum Jahre 1845 war das Aluminium ausschliesslich in dem erwähnten pulverförmigen Zustande bekannt; in dem genannten Jahre gelang es Wöhler [2]), das Aluminium nach einem inzwischen von v. Liebig [3]) vorgeschlagenen Verfahren, Kalium im

---

1) Poggendorff's Annal. XI p. 146; Berzelius' Jahresbericht VIII p. 108.

2) Annal. der Chemie u. Pharm. LIII p. 422; Berzelius' Jahresbericht XXV p. 145.

3) Annal. der Chemie und Pharm. XVII p. 47.

Dampf von Chloraluminium zu erhitzen, in kleinen geschmolzenen Kügelchen zu erhalten, die an Glanz und Farbe dem Zinn ähnlich, sehr geschmeidig und in der Glühhitze schmelzbar waren. Das Ueberraschendste in seinen Eigenschaften aber war der Umstand, dass es an der Luft seinen Glanz nicht verlor, durch Wasser nicht und selbst beim Glühen nur langsam oxydirt wurde. Da in der Thonerde das Aluminium mit dem Sauerstoffe so fest vereinigt ist, dass Kohlenstoff und Wasserstoff, sonst so energische Reductionsagentien, das Metall nicht abzuscheiden vermögen, so konnte man wohl erwarten, dass das Aluminium durch Luft und Wasser schnell oxydirt und wieder in Thonerde verwandelt werden würde. Von dem Momente an, als die Erfahrung das Gegentheil hiervon zeigte, konnte an die Möglichkeit gedacht werden, das Aluminium für industrielle Zwecke anzuwenden und zu diesem Behufe dessen Fabrikation in grossem Maassstabe auszuführen. Von diesem Gedanken ergriffen, beschäftigte sich, etwa seit 1853, Henri Sainte-Claire Deville in Paris mit der Darstellung und dem Studium des Aluminiums. In einer der *Academie des sciences* im Monat August 1854 [1]) vorgelegten, seine ersten Resultate enthaltenden Abhandlung deutete er schon auf technische Anwendungen und fabrikmässige Erzeugung desselben hin. Für die Wissenschaft ging daraus der grosse Gewinn hervor, dass sich Kaiser Napoleon III. für die Sache interessirte und die erforderlichen Mittel zu Versuchen über die fabrikmässige Darstellung des Aluminiums zur Verfügung stellte. Im Anfang des Jahres 1855 wurden daher auf kaiserliche Kosten in der chemischen Fabrik zu Javelle bei Paris die Versuche eingeleitet, die mit solchem Erfolge gekrönt waren, dass auf der Weltausstellung des Jahres 1855 bereits einige Barren Aluminium ausgestellt werden konnten [2]). Durch diese freigebige Vermittelung — die Versuche kosteten über 36,000 Frcs. — hat die Metallurgie des Aluminiums ihren Ursprung nehmen können, denn zu jener Zeit konnten die betreffenden Arbeiten viel kosten und vielleicht nichts einbringen. Die Hauptmaterialien dazu, Chloraluminium und Natrium, wurden im Jahre 1855 noch mit 2000 Franken das Kilogramm bezahlt. Es gelang ein Verfahren der Fabrikation dieser Materialien zu erfinden, welches seitdem nur in unwesentlichen Dingen abgeändert worden ist, um einige Kilogramme eines unreinen Metalles hervorzubringen. Deville vereinigte sich nun mit P. Morin, Debray und den Gebr. Rousseau zur Fortsetzung des Werkes auf eigene Kosten, construirte neue Apparate in der chemischen Fabrik *à la Glacière* bei Paris, und vermochte den Preis des Aluminiums, welches anfangs 1000 Frcs. für das Kilogr. betragen hatte, auf 300 Frcs. zu erniedrigen, worauf das

1) Compt. rend. XXXVIII p. 279; 557; XXXIX p. 321; 901; Liebig u. Kopp's Jahresbericht 1854 p. 330.

2) Exposition universelle de Londres de 1862, Tome I, Paris 1862 p. 104.

allerdings noch unvollkommen gereinigte Metall zu erheblichen Mengen Eingang in den Handel sich verschaffte. Das Unternehmen prosperirte jedoch nicht. Die Adjacenten der Fabrik, meist Gärtner und Gemüsebauern, beklagten sich über die den Fabrikschornsteinen entströmenden Gase (schweflige Säure und Chlor) und der Betrieb der Fabrik musste plötzlich eingestellt werden. Kurze Zeit nachher bildete sich eine Gesellschaft, welche die Aluminiumfabrik zu Nanterre bei Paris gründete, deren Direction P. Morin übertragen wurde; etwas später wurden die chemischen Arbeiten zur Darstellung des Aluminiums in die Fabrik von Merle u. Co. zu Salyndres (Departement du Gard) verlegt, und in Nanterre nur noch die mechanische Bearbeitung ausgeführt. Die in Nanterre gemachten Erfahrungen gestatteten, den Preis des Aluminiums auf 200 Frcs. pro Kilogramm zu ermässigen und das Metall selbst in bis dahin nicht gekannter Reinheit zu erzeugen. In Salyndres gelangte man zu einer noch weiter gehenden Preisherabsetzung [1]) — das Kilogramm soll gegenwärtig (1866) in grösseren Partieen zu 100 Frcs. zu haben sein — und noch grössere Vervollkommnung der Operationen. Im Jahre 1860 verpflanzte L. Bell von der Firma Bell Brothers zu Newcastle-on-Tyne die Aluminiumfabrikation nach England und errichtete dort eine grossartige Fabrik, die noch im Betriebe ist. In Frankreich selbst besteht eine zweite Aluminiumfabrik zu Amfreville-la-mi-voie, wozu ein Kapitalist Martin in Rouen die Mittel gab und welche von den Gebrüdern Charles und Alexander Tissier (früher Laboranten in der Fabrik zu Javelle) [2]) geleitet wird. Wenn nun auch Deville die Arbeiten Wöhler's und die im Jahre 1854 erschienene Abhandlung Bunsen's [3]) über die elektrolytische Darstellung des Aluminiums, aus welch letzterer er die Lehre zog, dass man sich zur Reduction nicht des Chloraluminiums, sondern des Chlornatrium-Chloraluminiums zu bedienen habe, zum grössten Theile unbeachtet gelassen hat, so ist immerhin Deville als der Schöpfer der Aluminiumindustrie zu betrachten. Die mit Beharrlichkeit und Gewandtheit fortgeführten Arbeiten des Letztgenannten veranlassten viele Chemiker und Techniker, sich mit dem Aluminium zu beschäftigen. Man kann nicht sagen, dass hieraus bis jetzt andere als wissenschaftlich interessante Resultate hervorgegangen seien, mit alleiniger Ausnahme der von H. Rose [4]) gemachten Entdeckung, dass der Kryolith (eine Verbindung von Fluoraluminium mit Fluornatrium) ein wohlfeiles und sehr geeignetes Material zur Alu-

---

1) Vergl. Moniteur scientif. 1863 p. 948; Dingler's polyt. Journ. CLXXI p. 51; Wagner's Jahresbericht 1863 p. 10.

2) Ueber einen zwischen Deville und Gebr. Tissier sich erhobenen Prioritätsstreit siehe Annal. de chimie et de phys. LIII p. 504; LIV p. 228.

3) Poggendorf's Annal. XCII p. 648.

4) Dingler's polyt. Journ. CXXXVII p. 363; Journ. f. pract. Chemie LXVI p. 171.

miniumfabrikation darbiete. Zum Schlusse der historischen Notizen sei noch bemerkt, dass Deville[1]) geneigt ist, den unter Tiberius' Regierung hingerichteten Schmied (Faber), welcher aus Thonerdeglas eine metallische Substanz abzuscheiden verstand, die zu Schalen verarbeitet wurde, für den ersten Darsteller des Aluminiums zu halten.

II. Vorkommen des Aluminiums.

211. Wenn man von der Angabe Stocker's[2]) absieht, dass das Aluminium in Gestalt glimmerartiger Blättchen in einer Thonformation bei Saint Austel in Cornwallis vorkomme, so findet sich das Aluminium meist oxydirt als Thonerde Al_2O_3. Dieselbe kommt wasserfrei in den Mineralien Korund, Sapphir und Smirgel und als Hydrat in dem Hydrargillit Al_2O_3, 3 HO und dem Diaspor Al_2O_3, HO vor. Von allen diesen Mineralien findet nur eine Abart des Diaspors als Aluminiumerz und zwar in der Aluminiumfabrik zu Salyndres Anwendung. Letztere, mit dem Namen Bauxit[3]) bezeichnet, findet sich in der Gemeinde Baux in dem Var bei Toulon in derben, braunrothen oder schwärzlichen Stücken, welche durch eine ziegelrothe Masse verkittet sind. Die durchschnittliche Zusammensetzung desselben ist

Thonerde	60
Eisenoxyd	25
Kieselerde	3
Wasser	12
	100

Die Vergleichung dieser von Balard ausgeführten Analyse mit der Zusammensetzung der Diaspore zeigt, dass das Aluminiumerz von Baux ein Diaspor ist, in welchem ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt ist. Man hat auch darin 1—2 Proc. Titan gefunden und sogar Vanadin in ziemlicher Menge. Die zahlreichen Lager erstrecken sich in einer Länge von 150 Kilometern von der Umgegend von Tarascon bis nach Antibes. Einige Lager lassen sich auf eine Länge von einem Kilometer verfolgen und haben eine Mächtigkeit von mehreren Dutzend Metern. Ausserdem ist noch der Kryolith (Al_2Fl_3, 3 NaFl) mit 13 Proc. Aluminium erwähnenswerth. Die zahlreichen kieselsauren Thonerdeverbindungen, welche den Feldspath, den Thon, den Lehm u. s. w. bilden, sind, obgleich sie zuweilen als Aluminiumerze aufgeführt werden, für die Aluminiumgewinnung vor der Hand ohne alle Bedeutung.

---

1) Moniteur scientif. 1864 p. 488.
2) Compt. rend. XLI p. 412; Journ. f. pract. Chemie LXVI p. 470.
3) Revue universelle des mines 1863 XIV p. 387; Dingler's polyt. Journ. CLXXI p. 232.

III. Technisch wichtige Eigenschaften des Aluminiums.

212. Das Aluminium, so wie es gegenwärtig aus den Aluminiumfabriken kommt, enthält, obgleich es weit reiner ist, als vor einigen Jahren noch, nicht unbedeutende Mengen von Eisen. Kraut und Sauerwein[1]) fanden in Aluminium aus den Jahren 1861 und 1862

	1.	2.	3.
Aluminium	—	—	97,20
Eisen	1,67	2,20	2,40
Silicium	0,04	0,12	0,25
Blei	—	—	Spur

In Aluminiumproben aus dem Jahre 1857 fand Mallet[2]), in anderen aus dem Jahre 1859 Dumas[3])

	Mallet.		Dumas.	
Aluminium	92,96	96,25	92,5	96,16
Eisen	4,88	3,29	6,8	3,37
Silicium	2,14	0,45	0,7	0,47
Natrium	Spur	Spur	—	—
Titan	Spur	Spur	—	—

Eisen und Silicium sind gewöhnlich in dem Aluminium höchst ungleichmässig vertheilt. Die Farbe des Aluminiums ist weiss, aber weit weniger schön als jene des Silbers, eher der des Zinnes nahe kommend; je eisenhaltiger das Metall ist, um so mehr zeigt sich ein Stich ins Graue oder Bläuliche, so dass ein solches Aluminium in der Farbe zwischen Zinn und Zink sich stellt. Die Härte kommt ungefähr der des Silbers gleich und ist mithin geringer als jene des Kupfers oder Zinkes, aber grösser als die des Zinnes. Beim Anschlagen giebt es einen starken und schönen Klang. Es lässt sich zu Blech auswalzen, zu Blattaluminium schlagen, zu Draht ziehen und mittelst Feile und Grabstichel bearbeiten. Zwischen den Fingern gerieben zeigt es den Geruch des Eisens. Sein spec. Gewicht ist in reinem Zustande 2,56; durch Hämmern und Walzen wird es auf 2,67 erhöht, so dass Gegenstände aus Aluminium an Schwere etwa dem grünen und ordinären weissen Glase gleichkommen, das Porcellan unbedeutend übertreffen. Zum Schmelzen erfordert das Aluminium einen mässigen Grad des Rothglühens, welcher zwischen der Schmelzhitze des Zinkes und jener des Messings zu liegen scheint (etwa bei 700°). Beim langsamen Erkalten wird es leicht krystallinisch. Es lässt sich ohne Schwierigkeit giessen. Die Streckung des gegossenen Aluminiums unter dem Walzwerke geht, nach den Erfahrungen von Eschwede in

1) Dingler's polyt. Journal 1864 CLXXII p. 55.
2) Wagner's Jahresbericht 1858 p. 4.
3) Annal. de chimie et de phys. LV p. 153; Wagner's Jahresbericht 1859 p. 3.

Hannover am besten von statten, wenn dabei das Metall fortwährend auf einem Wärmegrade erhalten wird, ungefähr gleich dem, bei welchem man Zinkblech zu walzen pflegt. Der Gussstab muss direct unter die Walzen gebracht und das Anziehen der Walzen anfangs sehr behutsam geschehen. Ist die Streckung einmal bis zu einem gewissen Grade gediehen, so zeigt sich das Metall sehr geschmeidig. Die absolute Festigkeit des Aluminiums ist nach den Versuchen v. Burg's[1]) für das gegossene Metall zwischen Zink und gegossenem Kupfer, für gehämmertes Aluminium zwischen gegossenem und gehämmerten Kupfer. Reiht man nach den Versuchen von Karmarsch[2]) die durchschnittlichen Festigkeiten, welche für Drähte von etwa 1 bis 2,5 Millimeter Dicke gelten, nach der Stufenfolge an einander, so gewinnt man folgende Uebersicht, wobei die Belastung in Kilogrammen angegeben ist, bei welcher ein Draht von 1 Quadratmillimeter Querschnitt zerreisst:

Kupfer	40,5	Zinn	3,8
Zink	14	Blei	2
Aluminium	11,5		

Die Festigkeit des ganz reinen (eisenfreien) Aluminiums würde sich ohne Zweifel noch niedriger stellen als die des untersuchten eisenhaltigen[3]). Das Aluminium verliert wie das Zink durch Zusatz anderer Metalle an Dehnbarkeit und wird härter. Ein Gehalt von $^1/_{20}$ Eisen (!) und Kupfer macht das Aluminium zur Bearbeitung untauglich[4]), $^1/_{10}$ Kupfer macht es glasspröde und bewirkt, dass das Aluminium an der Luft sich schwärzt. Gold und Silber machen es ebenfalls etwas spröde. Eine Legirung von Aluminium mit $^1/_{1000}$ Wismuth ist glasspröde. Die specifische Wärme des Aluminiums ist nach Regnault 0,214. Sein Wärmeleitungsvermögen = 665, wenn das des Silbers = 1000, des Quecksilbers = 677, des Zinkes = 641 gesetzt wird (Calvert und Johnson)[5]). Es ist fast unmagnetisch (Riess und Poggendorff). Mit amalgamirtem Zink zu einem Element verbunden, giebt es in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser einen ebenso starken Strom und liefert (nach Hulot) ebenso viel Wasserstoffgas als ein Element aus Zink und Platin. Wie früher Karmarsch und Heeren[6]), so em-

---

1) Dingler's polyt. Journ. CLI p. 286; Polyt. Centralbl. 1859 p. 619; Wagner's Jahresber. 1859 p. 12.

2) Dingler's polyt. Journal CLII p. 441; Polyt. Centralbl. 1859 p. 1082; Wagner's Jahresber. 1859 p. 14.

3) Bei späteren Versuchen mit Draht aus Aluminium aus dem Jahre 1862 erhielt Karmarsch gleiche Resultate. Dingler's polyt. Journ. CLXXII p. 55.

4) Ch. u. Alex. Tissier, Compt. rend. XLIII p. 885; Wagner's Ber. 1856 p. 6.

5) Dingler's polyt. Journal. CLIII p. 285; Polyt. Centralbl. 1859 p. 1658; Wagner's Jahresber. 1859 p. 115.

6) Wagner's Jahresbericht 1855 p. 4.

pfahl Bing[1]) in neuerer Zeit das Aluminium zu galvanischen Elementen; das Verhältniss der Wirksamkeit

des Aluminiums zu Platin = 1 : 1,7
" " " Kohle = 1,12 : 1
" " " Kupfer = 10,25 : 1.

Was seine Stellung in der Spannungsreihe angeht, so fand es Wheatstone in Kali- oder Natronlauge dem Zink gegenüber negativ, dagegen dem Platin, Kupfer, Eisen, Blei, Zinn und Kadmium gegenüber positiv. In Salzsäure verhalten sich Zink und Kadmium gegen Aluminium positiv. In verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure sind von den genannten Metallen nur Kupfer und Platin dem Aluminium gegenüber elektronegativ. Setzt man die elektrische Leitungsfähigkeit des Kupfers = 100, so ist die des Aluminiums = 51,3. Die Leitungswiderstände sind nach Buff bei Drähten von gleicher Länge und Dicke für Silber = 100, Kupfer = 106; Aluminium (möglichst eisenfrei und aus Kryolith dargestellt) = 200; käufliches Aluminium = 211; weiches Eisen = 211.

Luft und Wasser haben bei gewöhnlicher Temperatur keinen Einfluss auf das Aluminium, das, wenn es rein ist, selbst in Gestalt von Blattaluminium, nach Jahren seine Farbe und seinen Glanz nicht verändert. In Sauerstoffgas erhitzt, oxydirt es sich nur auf der Oberfläche. Das Wasser wird durch Aluminium selbst in der Glühhitze nicht zersetzt. Beim Erhitzen reducirt es Kupfer und Bleioxyd unter Explosion, Eisenoxyd nur theilweise unter Bildung einer Legirung beider Metalle. Zink- und Manganoxyd werden vom Aluminium nicht zersetzt. Mit Kali- oder Natronhydrat lässt es sich bis zum Schmelzen des letzteren erhitzen, ohne sich zu oxydiren; mit schmelzendem Salpeter erhitzt, erleidet das Aluminium erst bei beginnender Weissglühhitze eine Oxydation, wobei es theilweise mit blauer Flamme verbrennt. Auch mit schwefelsaurem Kali oder Natron giebt es unter diesen Umständen zu einer Detonation Veranlassung. Borax und Glas greifen in der Schmelzhitze das Aluminium an und überziehen es mit Bor und Silicium. Kochsalz, Fluorcalcium und Kryolith scheinen die besten Flussmittel für das Aluminium zu sein[2]). Bringt man Chloraluminium-Chlornatrium bei einer Temperatur von 300° C. mit Zink zusammen, so bildet sich Chlorzink und freies Aluminium[3]).

Das fein zertheilte Aluminium, namentlich aber das Blattaluminium[4]) (welches zuerst 1857 von Schätzler in Nürnberg und später von Kühny in Augsburg angefertigt wurde), verhält sich gegen Luft, Sauer-

---

1) Wagner's Jahresbericht 1860 p. 10; Polyt. Centralbl. 1860 p. 1416.
2) Ch. u. A. Tissier, Compt. rend. XLIII p. 1187; XLIV p. 64.
3) Basset, Dingler's polyt. Journ. CLXXIII p. 359.
4) Ueber Blattaluminium vergl. Wagner's Jahresbericht 1860 p. 2.

stoff und Wasser anders als compactes Aluminium. So ist das Blattaluminium nach Degousse sehr leicht verbrennbar und verbrennt schon in einer Lichtflamme mit starkem Glanze. Nach Wöhler geschieht die Verbrennung, wenn man ein stark zusammengedrücktes Blatt von Aluminium in einer Glaskugel über der Alkohol- oder Gasflamme erhitzt, in einem Augenblick mit einer blendenden, blitzähnlichen Lichterscheinung. Die entstehende Thonerde ist geschmolzen und so hart wie Korund. Auch sehr feiner Aluminiumdraht lässt sich auf ähnliche Weise wie ein Stahldraht in Sauerstoffgas verbrennen, jedoch setzt sich die Verbrennung nicht weit fort, weil die nächsten Theile abschmelzen, bevor sie zur Verbrennungstemperatur erhitzt sind. Während in compacter Masse Aluminium das Wasser bei 100° nicht zersetzt, besitzt das Blattaluminium diese Eigenschaft im hohen Grade; in reinem siedenden Wasser entwickelt es langsam Wasserstoffgas. Nach mehrstündigem Kochen sind die Blättchen zum grossen Theile in Thonerde verwandelt, welche so dicht ist, dass sie von verdünnter Salzsäure nicht gelöst wird.

Durch concentrirte Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure wird das Aluminium in der Kälte nicht angegriffen, erstere auch nicht beim Erwärmen, während concentrirte Schwefelsäure es beim Erhitzen unter Entwickelung von schwefliger Säure zu schwefelsaurer Thonerde löst. Verdünnte Salpetersäure ist in der Kälte und in der Wärme ohne Einwirkung; verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure von jeder Concentration lösen das Aluminium mit gleicher Leichtigkeit wie das Zink unter Wasserstoffgasentwickelung auf. Essigsäure verhält sich wie Salzsäure. Durch Schwefelwasserstoffgas wird es nicht verändert. In Kali-Natronlauge, ferner in Salmiakgeist löst sich das Aluminium unter Entwickelung von Wasserstoffgas auf. Eine Lösung von salpetersaurem Bleioxyd wird durch Aluminium selbst aus der angesäuerten Flüssigkeit nicht reducirt, salpetersaures und schwefelsaures Silberoxyd werden dagegen durch Aluminium vollständig reducirt; auch aus Kupfervitriollösung schlägt es metallisches Kupfer nieder. Unter gewöhnlichen Verhältnissen lässt sich das Aluminium nicht amalgamiren, da Quecksilber dem Aluminium ebenso wenig adhärirt wie dem Platin und Eisen. Dagegen lässt sich nach Cailletet das Aluminium leicht amalgamiren, wenn man es mit dem negativen Pole einer Säule verbindet und es in Quecksilber taucht, welches mit salpetersaurer Quecksilberlösung befeuchtet ist. Nach den Versuchen von Tissier[1]) kann man aber die Verbindung des Quecksilbers mit dem Aluminium ohne die Säule erzielen, indem man einfach Aetznatron anwendet. Das mit der Lauge abgebeizte und befeuchtete Aluminium lässt sich ohne weiteres mit Quecksilber benetzen, so dass es eine glänzende Oberfläche erhält. Unter dem Einfluss des Quecksilbers

1) Dingler's polyt. Journ. CLIII p. 195; Polyt. Centralbl. 1859 p. 1303; Wagner's Jahresbericht 1859 p. 5.

oxydirt sich das Aluminium äusserst schnell, verliert seinen Glanz und verwandelt sich unter Erwärmen in Thonerde und Quecksilber. Dasselbe findet statt, wenn man es mit Wasser zusammenbringt, wobei Wasserstoffgasentwickelung stattfindet. Von Salpetersäure wird es stürmisch angegriffen. Die Veränderlichkeit des Aluminiumamalgams lässt sich durch die Annahme erklären, dass durch den Contact der beiden Metalle eine elektrische Action eintritt, in deren Folge die elektropositiven Eigenschaften des Aluminiums hervortreten und der passive Zustand, welcher zum Glück für die Anwendung sein gewöhnlicher Zustand ist, verschwindet. Nach Mac Adam[1]) kann man mit Kalilauge auf der Oberfläche von Aluminiumobjecten ein Metallmoor (*moiré metallique*) hervorbringen.

IV. Fabrikation des Aluminiums.

213. Diejenigen Methoden der Darstellung von Aluminium, die sich für die Fabrikation dieses Metalles eignen, lassen sich auf folgende Principien zurückführen:

1) Zersetzen von Chloraluminium-Chlornatrium mittelst Natrium (Wöhler und Deville);

2) Zersetzen desselben Doppelchlorürs mittelst Zink (Basset);

3) Zersetzen des Kryoliths mittelst Natrium (H. Rose, Wöhler, Tissier);

4) Zersetzen von Schwefelaluminium mit Kohlenwasserstoff (Petitjean);

5) Erhitzen von Schwefelaluminium mit schwefelsaurer Thonerde (Johnson);

6) Reduction von Chloraluminium mit Cyankalium (Knowles und Corbelli).

1) Zersetzen von Chloraluminium-Chlornatrium mittelst Natrium. Diese Methode, die ursprünglich von Wöhler vorgeschlagen und von Deville u. A. verbessert wurde, gründet sich darauf, dass das Chloraluminium-Chlornatrium bei nicht zu hoher Temperatur (nach Bunsen bei 185°) schmilzt und in geschmolzenem Zustande durch Natrium mit Leichtigkeit theilweise zu metallischem Aluminium reducirt wird. Sie zerfällt

a) in die Herstellung des Chloraluminiums oder neuerdings des Chloraluminium-Chlornatriums;

b) in die Abscheidung des Aluminiums aus demselben.

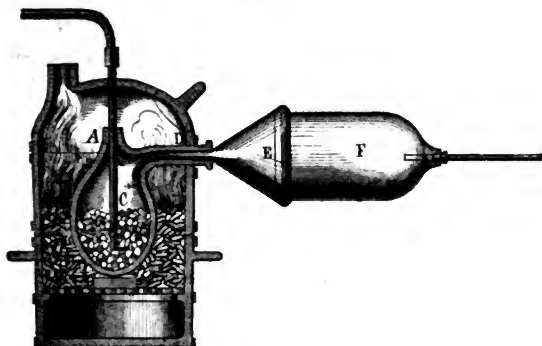
a) Die Darstellung des Chloraluminiums geschah nach dem ursprüglichen von Deville[2]) publicirten Verfahren auf folgende

---

1) Dingler's polyt. Journ. CL p. 316; Wagner's Jahresber. 1858 p. 2.
2) Dingler's polyt. Journ. CXL p. 76; CXLII p. 211.

Weise: Man mischt 5 Kilogr. Thonerde, durch Glühen von eisenfreiem Ammoniakalaun dargestellt (oder auch aus Bauxit oder aus Kryolith erhalten) mit 2 Kilogr. Kohlenstaub und etwas Oel zu einem Brei, welcher geglüht wird. Die kohlige Masse wird in eine irdene, etwa 10 Liter fassende Retorte *C* (Fig. 67) gebracht und die Retorte zum Rothglühen erhitzt, während durch den Tubulus *A* ein trockener Chlorgasstrom ein-

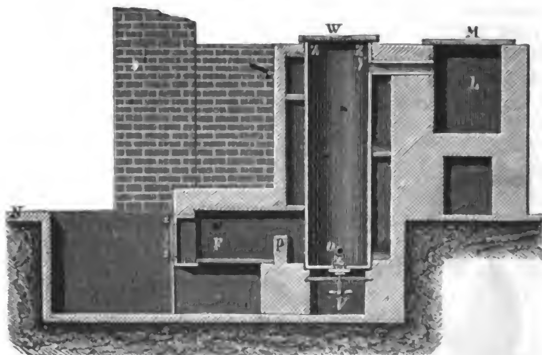
Fig. 67.



geleitet wird. Anfangs entweicht Wasserdampf. Sobald Chloraluminium zu erscheinen beginnt, verbindet man mit dem Retortenhalse einen Porcellantrichter *E* und mit dem Trichter eine tubulirte Glocke *F*, in welcher sich das Chloraluminium condensirt. Sobald die Glocke gefüllt ist, ersetzt man sie durch eine neue. Drei derartige Operationen geben gegen 10 Kil. Chloraluminium. In der Retorte bleibt nach jeder Operation 1 Kil. kohlige Masse zurück, die gegen 33 Proc. Thonerde enthält.

In grösserer Menge stellte Deville Chloraluminium auf die Weise dar, dass er Thonerde mit Steinkohlentheer mischte, das Gemenge in eisernen Töpfen glühte und die geglühte Masse noch heiss in irdene Gasretorten brachte, in welchen sie der Einwirkung von durch Schwefelsäure und durch Chlorcalcium getrocknetem Chlorgas ausgesetzt wurde. Fig. 68 zeigt den Vertikaldurchschnitt der vertikal stehenden Retorte. *F* ist die Feuerung; die Feuerluft gelangt über die Brücke *P* in einen schraubenförmigen Kanal, der um die Retorte herumgeht, und entweicht am oberen Ende seitlich in die Esse. Am unteren Ende ist die Retorte mit einer quadratischen Oeffnung *x* versehen, welche durch eine vermittelst der Schraube *V* angedrückte Steinplatte verschlossen wird. Ein die Ofenwand durchdringendes, bei *O* in die Retorte eintretendes Porcellanrohr, führt das Chlorgas mitten in das Gemenge von Thonerde und

Fig. 68.



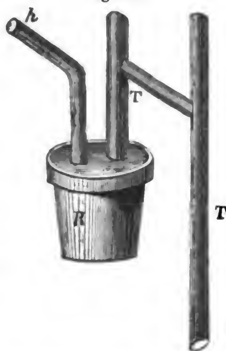
Kohle. Das obere Retortenende ist durch die Thonplatte *Z* verschlossen, in deren Mitte eine quadratische Oeffnung *W* sich befindet, durch welche die Retorte beschickt wird. Durch eine unterhalb der Platte *Z* angebrachte Oeffnung *Y* entweichen die sich bildenden Dämpfe und gelangen durch ein Thonrohr in die Kammer *L*, welche mit dem Deckel *M* verschlossen ist. Bei gut geleiteter Operation setzt sich fast alles Chloraluminium als eine feste dichte Masse an diesem Deckel ab. Das Chloraluminium muss, weil es begierig Feuchtigkeit absorbirt und dadurch zur Aluminiumfabrikation nicht mehr geeignet ist, bald verbraucht werden.

Vortheilhafter ist es, wenn man sofort Chloraluminium-Chlornatrium ($Al_2 Cl_3, Na Cl$) darstellt. In der grossen Aluminiumfabrik zu Salyndres, wo man das Rohaluminium darstellt, welches dann in Nanterre weiter verarbeitet wird, ebenso auch nach Wedding auf dem Aluminiumwerke von Bell in Washington bei Newcastle, stellt man diese Verbindung auf folgende Weise dar[1]: Die erforderliche Thonerde erhält man nicht mehr durch Calciniren von Ammoniakalaun und auch nicht mehr aus dem Kryolith, sondern aus dem Bauxit, einem eisenhaltigen Diaspor, welches im Durchschnitte 60 Thonerde, 25 Eisenoxyd, 3 Kieselerde und 12 Wasser enthält. Um die Thonerde rein darzustellen, wird der Bauxit fein gemahlen, mit calcinirter Soda gemengt und in einem Flammenofen erhitzt. Ohne dass ein Schmelzen, ja selbst nur ein Zusammensintern stattfindet, geht die Verbindung vor sich und man erhält thonsaures Natron ($Al_2 O_3, 3 Na O$) und kieselsaures Thonerde-Natron, gemengt mit

1) Moniteur scientif. 1863 p. 948; Wagner's Jahresbericht 1863 p. 10.

Eisenoxyd, Kieselerde und einer kleinen Menge Thonerde, welche der Einwirkung sich entzog. In Folge des lockeren Zustandes, welchen die Masse ungeachtet des Erhitzens beibehalten hat, lässt sie sich leicht mit Wasser behandeln, welches nur das thonsaure Natron löst, und alles übrige ungelöst zurücklässt. Die klare Lösung des Natron-Aluminates wird nun mit Kohlensäuregas behandelt, wodurch sich kohlensaures Natron und Thonerdehydrat bildet. Letzteres wird, nachdem es vom kohlensauren Natron getrennt wurde, mit heissem Wasser ausgewaschen. Das Auswaschen geschieht auf grossen Leinwandfiltern, die über einen Blechkasten gespannt sind und in welchen man durch Wasserdämpfe einen luftverdünnten Raum erzeugt. Diese Nutschvorrichtung erleichtert das Auswaschen ungemein. Auch die Centrifuge lässt sich mit gutem Erfolge zum Auswaschen der Thonerde anwenden. Die so erhaltenen Producte sind mithin 1) eine Sodalösung, die abgedampft wird; es geht somit nur die kleine Menge Soda verloren, die mit der Kieselerde sich verband, und 2) teigige weisse Thonerde. Letztere wird getrocknet und durch Erhitzen in einem Flammenofen entwässert. Hierauf mischt man sie mit Kochsalz und Holzkohlenpulver und etwas Wasser zu einem Teige, aus welchem man Kugeln von Faustgrösse formt, die man nach dem Trocknen in den Retortenofen (Fig. 68) bringt und daselbst wie oben beschrieben mit Chlorgas behandelt. Das sich bildende Chloraluminium-Chlornatrium geht durch das *h* in die Vorlage *R* (Fig. 69), in welcher es verdichtet wird. Diese Vorlage hat die Form eines grossen Blumentopfes und ist mit einem Deckel versehen, durch welchen das Zuleitungsrohr *h* und das Doppelrohr *T T* führt; durch letzteres geht das überschüssige Chlor und etwas nicht condensirtes Chloraluminium in den Schornstein. Das Doppelchlorür findet sich in der Vorlage in Gestalt einer goldgelben Krystallmasse.

Fig. 69.



b) Die Abscheidung des Aluminiums aus dem Chloraluminium oder dem Chloraluminium-Chlornatrium geschieht auf zweierlei Weise, nämlich

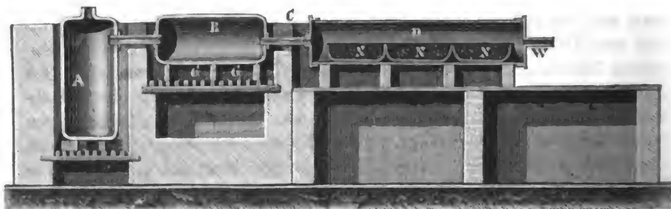
α) nach dem älteren, gegenwärtig nicht mehr angewendeten Verfahren, nach welchem man das Chloraluminium in Gestalt von Dämpfen über Natrium leitet, oder

β) nach der neueren Methode, nach welcher man das Chloraluminium-Chlornatrium in einem Flammenofen mittelst Natrium zersetzt.

α) Das ältere Verfahren sei, als der Geschichte der Aluminiumfabrikation angehörend, nur kurz beschrieben. Man bringt das Rohchlor-

aluminium in den Cylinder *A* (Fig. 70) und erhitzt mittelst einer Feuerung. Die Chloraluminiumdämpfe gelangen durch ein Rohr in den Cy-

Fig. 70.



linder *B*, in welchem sich eiserne Nägel oder dergleichen befinden und welcher durch die Feuerung *G* bis zum Dunkelrothglühen erhitzt wird. Das Eisen nimmt das in dem Chloraluminium enthaltene Eisenchlorid auf, indem es damit das weniger flüchtige Eisenchlorür bildet. Ebenso absorbirt es die aus dem Chloraluminium und der Luftfeuchtigkeit entstandene Salzsäure und den Chlorschwefel, indem es mit letzterem Eisenchlorür und Schwefeleisen bildet. Die Chloraluminiumdämpfe gelangen durch das Rohr *C* in den gusseisernen Cylinder *D*, in welchem drei gusseiserne Schalen *N* sich befinden, deren jede mit 0,5 Kil. Natrium beschickt ist. Das Rohr *C* wird bis auf 200—300° erwärmt, um die Condensation des Chloraluminiums zu verhüten. Der Cylinder *D* wird so weit erhitzt, dass er kaum an seiner unteren Seite dunkelrothglühend wird. Durch die Einwirkung des Natriums auf das Chloraluminium bildet sich Chlornatrium und das Aluminium wird frei. Das Chlornatrium verbindet sich mit dem überschüssigen Chlornatrium zu einem Doppelchlorür (Al_2Cl_3, 3 NaCl), welches flüchtig genug ist, um in die nächste Schale zu verdampfen, wo das darin enthaltene Chloraluminium ebenfalls durch das Natrium zersetzt wird. Den Inhalt der Schalen bringt man nach beendigter Reaction in eiserne Töpfe oder Thontiegel, die man im Natriumofen (s. Natrium) erhitzt, bis die Masse vollständig geschmolzen ist und das Doppelsalz zu verdampfen beginnt. Nach dem Erkalten findet man in den Töpfen oder Tiegeln im oberen Theile eine Schicht fast reines Chlornatrium, die man entfernt, und im unteren Theile Aluminiumkügelchen, welche man durch Waschen mit Wasser absondert. Die Kügelchen werden getrocknet, in einem irdenen Tiegel bis zum Glühen erhitzt und sobald sie zu schmelzen beginnen, mittelst eines Porcellanspatels zerdrückt. Dabei vereinigen sie sich zu einer einzigen geschmolzenen Masse, welche man in Form von Barren bringt. In auf diese Weise erhaltenem Aluminium, wobei der Cylinder *D* und

Schalen N aus Kupfer verwendet wurden, fand Salvétat[1]) 6,38 Proc. Kupfer.

β) Nach dem neueren Verfahren zersetzt man das Chloraluminium-Chlornatrium in einem Flammenofen mittelst Natrium. Da das Chloraluminium begierig Feuchtigkeit aus der Luft absorbirt, in deren Folge sich Thonerde bildet, welche die Reduction des Doppelchlorürs durch das Natrium erschwert, so setzt man behufs der Auflösung dieser Thonerde Flussspath oder Kryolith zu. Nach der Angabe von Rousseau und Morin[2]) nimmt man auf 100 Th. des Doppelchlorürs 50 Th. Flussspath und 20 Th. Natrium. In der Fabrik zu Salyndres wendet man jetzt Kryolith[3]) als das einzige, von Silicium und Eisen völlig freie Flussmittel an. Zu Reduction dient ein Flammenofen (oder auch ein gewöhnlicher Sodaofen), dessen Herd so eingerichtet ist, dass das Aluminium in dem Maasse, als es reducirt wird, sich auf dem Herd ansammeln kann. Während der Beschickung des Ofens mit der Schaufel hat man darauf zu sehen, dass die Natriumstücken mit den anderen Materialien gehörig überdeckt sind. Das Erhitzen geschieht allmählich. In kurzer Zeit wird die Reaction so heftig, dass die Ofenwände bis zum Rothglühen erhitzt werden und die Masse vollkommen geschmolzen erscheint. Die Schlacke wird von dem geschmolzenen Aluminium getrennt. Die zuletzt gewonnene graue Schlacke wird gepulvert und gesiebt, um das in ihr enthaltene Aluminium noch zu gewinnen. Das so erhaltene Aluminium braucht nur noch in einem Thontiegel im Gebläseofen umgeschmolzen zu werden, um marktgerecht zu sein.

Nach der Angabe von Gerhard[4]) soll eine grössere Ausbeute an Aluminium erzielt werden, wenn man das Gemenge von Chloraluminium-Chlornatrium mit Natrium in dem Momente, wo man es in den Flammenofen bringt, mit einer Schicht geschmolzenen Kochsalzes überdeckt.

214. 2) Zersetzen von Chloraluminium-Chlornatrium mittelst Zink. Wenn man nach Basset[5]) Chloraluminium-Chlornatrium bei einer Temperatur von 250—300° mit Zink zusammenbringt, so bildet sich Chlorzink und freies Aluminium. Letzteres löst sich in dem überschüssigen Zink auf und da sich das Chlorzink mit dem Chlornatrium verbindet, so wird die Masse allmählich teigig, dann fest, während die Legirung flüssig bleibt. Wenn man die Temperatur steigert, so schmilzt die Masse neuerdings, das Zink reducirt einen neuen

---

1) Annal. de chimie et de phys. 1856, Mars p. 265; Wagner's Jahresbericht 1856 p. 6.

2) Wagner's Jahresbericht 1857 p. 1.

3) Wagner's Jahresbericht 1863 p. 15.

4) Dingler's polyt. Journ. CLII p. 448; Wagner's Jahresbericht 1859 p. 4.

5) Génie industriel, 1864 Juillet p. 22; Dingler's polyt. Journ. CLXXIII p. 359; Wagner's Jahresbericht 1864 p. 19; 1865 p. 18.

Antheil Chloraluminium und das überschüssige Zink reichert sich mit Zink an. Wird die erhaltene Legirung von Zink und Aluminium auf Chloraluminium-Chlornatrium umgeschmolzen, so erhält man Aluminium, welches nur noch einige Procente Zink enthält, welche aber verschwinden, wenn man das Metall neuerdings mit einem Gemenge des Doppelchlorürs mit Flussspath umschmilzt und dabei die Temperatur bis zum Weissglühen steigert. Wie Wedding sagt, hat sich das Basset'sche Verfahren auch im Grossen bewährt.

215. 3) Aluminiumdarstellung aus Kryolith und Natrium. Der Kryolith, eine Verbindung von Fluoraluminium mit Fluornatrium, $Al_2 Fl_3, 3 Na Fl$, in 100 Th. aus 13 Th. Aluminium, 32,93 Natrium und 54,07 Th. Fluor bestehend, hat vor dem Chloraluminium-Chlornatrium, wenn man seine Anwendbarkeit zur Aluminiumfabrikation ins Auge fasst, das voraus, dass es fertig gebildet in grosser Menge in der Natur sich findet, billig zu haben ist (im Zollverein werden gegenwärtig gegen 150,000 Ctr. Kryolith jährlich auf Alaun und Soda verarbeitet), kein Wasser enthält und keine Feuchtigkeit aus der Luft anzieht und mit Leichtigkeit mittelst Natrium reducirt werden kann. H. Rose[1]) war der erste, welcher auf den Kryolith als Material zur Aluminiumfabrikation aufmerksam machte und bei Versuchen im Kleinen Aluminium daraus abschied. Von den 13 Proc. Aluminium des Kryoliths erhielt er im günstigsten Falle nur 9 Proc. Rose bediente sich zu seinen Versuchen kleiner dünner gusseiserner Tiegel, in welchen feines Kryolithpulver mit Natrium geschichtet und mit einer Lage von Chlorkalium geschichtet, zur starken Rothglut gebracht wurde. Nach dem Erkalten wurde der Inhalt des Tiegels mit Wasser behandelt. Durch die Schwerlöslichkeit des Fluornatriums erweicht die Masse nur langsam. Nach 12 Stunden indessen kann man die ungelösten Klumpen mit einem Pistill in einem Porcellanmörser zerdrücken. Man findet dann neben kleineren auch grössere Kugeln von Aluminium von 0,3 bis 0,4 Grm. Gewicht, welche man absondert; die kleineren Kugeln können von der zugleich gebildeten Thonerde nicht durch Schlämmen getrennt werden, weil diese schwerer als jene sind. Das Ganze behandelt man darauf mit verdünnter Salpetersäure, wodurch zwar die geglühte Thonerde nicht gelöst wird, aber die Kugeln des Aluminiums dadurch erst ihren metallischen Glanz erhalten. Man trocknet sie, und nach dem Trocknen trennt man die feine Thonerde durch Reiben auf Seidenmusselin, welche auf dem Zeuge zurückbleibt. Die kleinen Kugeln des Aluminiums können in einem bedeckten kleinen Porcellantiegel unter einer Decke von Chlorkalium umgeschmolzen werden. Es ist nicht möglich, sie ohne ein Schmelzmittel durch Schmelzen zu reinigen. Man kann die kleinen Kugeln nicht wie kleine Silberkugeln zusammenschmelzen, denn wenn

1) Journ. f. pract. Chemie LXVI p. 171—176.

auch das Aluminium scheinbar durch's Glühen an der Luft sich nicht oxydirt, so überzieht es sich mit einer dünnen Oxydhaut, welche das Zusammenschmelzen verhindert. Die Anwendung des Chlorkaliums zum Zusammenschmelzen des Aluminiums ist immer mit Verlust an Metall verknüpft; es ist daher vortheilhafter, die Kügelchen unter einer Decke von Chloraluminium-Chlornatrium zusammenzuschmelzen.

Wöhler[1]) suchte das vorstehende Verfahren zu verbessern. Es zeigte sich, dass die Reduction auch in gewöhnlichen Thontiegeln erfolge, wenn der getrocknete und fein geriebene Kryolith mit dem gleichen Gewicht eines Gemenges von 7 Th. Chlornatrium mit 9 Th. Chlorkalium, am geeignetsten vorher zusammengeschmolzen und fein gerieben, vermischt und diese Masse in abwechselnden Schichten mit Scheiben von Natrium in den Tiegel gebracht wird. Auf 50 Th. des Salzgemenges nimmt man 8—9 Th. Natrium. Nach beendigtem Glühen, Erkalten und Zerschlagen des Tiegels findet sich das Aluminium gewöhnlich zu einem einzigen blanken Regulus zusammengeschmolzen. Die Ausbeute betrug nie mehr als ungefähr $^1/_3$ vom Aluminiumgehalte des Kryoliths. Der Hauptvortheil des verbesserten Verfahrens besteht darin, dass, wie bei der Reduction anderer Metalle, Thontiegel angewendet werden können, dass die Masse leicht schmelzbar ist, ohne den Tiegel zu durchbohren, und dass das Aluminium frei von Silicium erhalten wird. Blos mit Chlornatrium gelingt die Reduction bei weitem nicht so gut. Es wäre ein grosser Vortheil, wenn man aus dem Kryolith Fluoraluminium darstellen und so den Aluminiumgehalt von 13 Proc. auf 32 Proc. erhöhen könnte. Nach der von C. Brunner[2]) gegebenen Vorschrift wird Fluoraluminium, aus Thonerde und Fluorwasserstoffsäure dargestellt, mit Natrium und mit einer Schicht Kochsalz gemengt, geglüht, um Aluminium im Kleinen darzustellen.

In der unter der Leitung der Gebr. Tissier stehenden Aluminiumfabrik zu Amfreville-la-mi-voie bei Rouen arbeitet man mit Kryolith und befolgt im Wesentlichen das von H. Rose angegebene Verfahren[3]), in der Fabrik zu Salyndres dagegen wird der Kryolith, welcher früher ebenfalls das Material zur Aluminiumdarstellung war, nur noch als Flussmittel angewendet.

Die Rückstände von der Fabrikation des Aluminiums aus Kryolith, wesentlich aus Fluornatrium bestehend, werden dadurch zu gute gemacht, dass sie durch Kalkhydrat zersetzt und dadurch in Aetz-

---

1) Annal. der Chemie und Pharm. LXXIX p. 255; Polyt. Centralbl. 1856 p. 1211; Wagner's Jahresber. 1856 p. 4.

2) Poggendorff's Annal. LXXVIII p. 488; Dingler's polyt. Journ. CXL p. 357; Wagner's Jahresbericht 1856 p. 5.

3) Das von Deville abgeänderte Verfahren ist beschrieben Compt. rend. XXXVIII p. 1066.

natron umgewandelt werden (6 Na Fl + 6 Ca O, HO = 6 Na O, HO + 6 Ca Fl) [1]).

Der Kryolith hat, die Nachhaltigkeit seiner Gewinnung in Grönland vorausgesetzt [2]), für die Aluminiumfabrikation sicher noch eine grosse Zukunft. Eine grössere wol aber der Bauxit.

216. 4) Die Aluminiumdarstellung aus Schwefelaluminium ist von Petitjean und von Johnson versucht worden. Nach dem Verfahren des ersteren [3]) wird Schwefelaluminium, nach der von Fremy [4]) im Jahre 1853 angegebenen Methode dargestellt, wonach Schwefelkohlenstoffdampf über hellroth glühende (nicht mit Kienruss gemengte) Thonerde geleitet wird, bis die Thonerde in flüssiges oder geschmolzenes Schwefelaluminium verwandelt ist, mit Kohlenwasserstoffgas behandelt. Man kann auch ein Sulfosalz $Al_2 S_3$, Na S erzeugen, indem man Thonerde mit etwas Theer gemengt in einem mit Kohle ausgefütterten Tiegel erhitzt, hierauf mit einem Gemenge von Soda und Schwefel wäscht, von Neuem erhitzt und einige Zeit lang glüht. Das so erhaltene Schwefelaluminium oder Sulfosalz wird fein gemahlen und dann in eine aufrechtstehende Thonretorte von der Form der Gasretorten gebracht, durch welche von unten nach oben Kohlenwasserstoffgas oder auch Dämpfe von flüssigen Kohlenwasserstoffen, z. B. Petroleum geleitet werden, durch welche das Aluminium abgeschieden wird. Es lässt sich das Aluminium aus dem Sulfuret und dem Sulfosalze auch dadurch erhalten, dass man dieselben mit Eisenfeile mengt und das Gemenge schmilzt.

217. 5) Nach der Angabe Johnson's, die jedoch erst noch der Bestätigung bedarf, soll man, um aus Schwefelaluminium das Aluminium abzuscheiden, dasselbe mit schwefelsaurer Thonerde in solcher Menge mischen, dass schweflige Säure sich bildet und Aluminium zurückbleibt ($Al_2 S_3 + Al_2 O_3$, $3 SO_3 = 6 SO_2 + 4$ Al). Diese Methode ist der Gewinnung des Bleies aus Bleiglanz in Flammenöfen, wobei auch Schwefelblei und schwefelsaures Bleioxyd auf einander einwirken, um metallisches Blei und schweflige Säure zu bilden, nachgebildet; nur hat der Urheber dieser Methode nicht bedacht, dass Thonerde beim Behandeln mit schwefliger Säure unter keinerlei Umständen Aluminium giebt.

---

1) Compt. rend. LVI p. 848; Journ. f. pract. Chemie LXI p. 50.

2) Nach den wissenschaftlichen Erhebungen, die bei Gelegenheit der bekannten Reise des Prinzen Napoleon nach West-Grönland im Sommer 1856 gepflogen wurden, ist das Kryolithlager zwar sehr mächtig, indessen in Folge seiner Lage an der Küste und grösstentheils unter dem Spiegel des Meeres, welches fast das ganze Jahr lang mit Eis bedeckt ist, nur mit grossen Schwierigkeiten auszubeuten.

3) Dingler's polyt. Journ. CXLVIII p. 371; Wagner's Jahresbericht 1858 p. 1.

4) Compt. rend. XXXVI p. 178; Journ. f. pract. Chemie LIX p. 11; Liebig u. Kopp, Jahresbericht 1853 p. 328.

6) Was die Gewinnung von Aluminium durch Behandeln von Chloraluminium mit Cyannatrium oder Cyankalium betrifft, so liegen Vorschläge von Knowles[1]) vor. Auch Corbelli[2]) verwendet Cyankalium zur Reduction, indem er 100 Th. geschlämmten Thon mit 600 Th. englischer Schwefelsäure oder concentrirter Salzsäure behandelt und die Mischung zuletzt in einem Tiegel auf 450—500° erhitzt, den Rückstand mit 200 Th. trocknem Blutlaugensalz und 150 Th. Kochsalz mischt und das Gemenge bis zum Weissglühen erhitzt. Das reducirte Aluminium soll sich am Boden des Tiegels ansammeln. Bei Versuchen, die in Paris angestellt wurden, ist es nicht gelungen, nach diesem Verfahren Aluminium zu erhalten. Ob endlich die Angabe G. W. Reinar's[3]), Aluminium dadurch darzustellen, dass man die durch Glühen von Kali- oder Natronalaun mit Kohle oder Asphalt erhaltene (pyrophorische) Masse, die aus einer mit Kohle gemischten Legirung von Aluminium mit Kalium oder Natrium bestehe, und aus welcher man das Alkalimetall durch Digeriren mit verdünnter Salpetersäure ausziehe, auf Thatsachen beruht, sei dahingestellt.

V. Mechanische Verarbeitung und Anwendbarkeit des Aluminiums.

218. Das Aluminium diente anfangs zu Schmucksachen und zu anderen Luxusobjecten, welche sonst aus Silber und Gold gefertigt werden; eine ciselirte Kinderklapper, 1855 hergestellt und dem 1856 geborenen Sohne des Kaisers Napoleon III. bestimmt, war der erste Aluminiumgegenstand. Nachdem mehrere Jahre der Aluminiumschmuck durch Neuheit und hohen Preis die Nachfrage der bemittelten Stände belebt hatte, ging man bald zur fabrikmässigen Herstellung unzähliger Gegenstände über, welche heutzutage in den Kaufläden der grösseren Städte anzutreffen sind. Durch die Leichtigkeit und Vollkommenheit, mit welcher Aluminium zu Blech gewalzt, zu Draht gezogen, gegossene und ciselirte Gegenstände hergestellt werden können, ist dieses Metall sehr schätzbar für Kunstgegenstände. Eigenschaften des Aluminiums, welche bei dessen technischer Verwendung ganz besondere Rücksicht verdienen, sind zunächst sein geringes specifisches Gewicht. 1 rhein. Kubikfuss (= 0,0308 Kubikmeter) wiegt

1) Repert. of patent-invent. 1858 p. 249; Polyt. Centralbl. 1858 p. 888; Wagner's Jahresbericht 1858 p. 1.
2) Repert. of patent-invent. 1858 p. 300; Polyt. Centralbl. 1858 p. 1589; Wagner's Jahresber. 1858 p. 2.
3) Wagner's Jahresbericht 1859 p. 4.

Wasser		30,87	Kilogr.
Aluminium		82,5	,,
Zink		219	,,
Zinn		225	,,
Britanniametall		223,5	,,
Messing		259	,,
Neusilber		262,5	,,
Kupfer		275	,,
Silber von	0,725	308,5	,,
Feinsilber von	1,000	324	,,

Eins der vielen Beispiele von Benutzung des geringen specifischen Gewichtes des Aluminiums bieten die Operngläser und Fernröhre mit Aluminiumröhren dar. Wo bei physikalischen Instrumenten und feineren Apparaten überhaupt die Trägheit schwerer Massen unangenehm oder störend ist, tritt das Aluminium vortheilhaft an die Stelle anderer Metalle, so bei den elektrischen Telegraphen, dem Gyroskop, dem Anemometer, dem Watt'schen Indicator für Dampfmaschinen, den Wagebalken und Wagschalen. Auch die Kürasse, die Metallverzierungen auf den Helmen, die Degengriffe und Degenscheiden, die Adler auf den Fahnenstangen der französischen Armee sind hier und da aus Aluminium verfertigt worden. Andere wichtige Eigenschaften des Aluminiums sind seine Unveränderlichkeit an der Luft, namentlich auch unter der Einwirkung schwefelhaltiger Exhalationen und seine Unschädlichkeit für die Gesundheit. Auf der internationalen Ausstellung in London im Jahre 1862 von Garopon ausgestellte Aluminiumdrähte, ferner Stickereien, Spitzen und Posamentierarbeiten aus solchem Drahte beweisen deutlich, dass das Aluminium ebenso ziehbar ist wie das beste Kupfer und die edlen Metalle. Vor silbernen Artikeln gleicher Art haben diese Fabrikate den Vorzug, dass sie äusserst leicht sind und nicht anlaufen. Die Herstellung des Blattaluminiums, die in Nürnberg (1857 von dem Feingoldschläger Schätzler zuerst ausgeführt), in Augsburg und in Paris betrieben wird und die ein Surrogat für Blattsilber liefern soll, liefert den Beweis, dass in Bezug auf Dehnbarkeit das Aluminium dem Golde und Silber sehr nahe steht[1]). Wegen seiner Prägbarkeit hat das Aluminium zu Denkmünzen, Preismedaillen, Rechenpfennigen, Spielmarken etc. vielfache Anwendung gefunden. Zu Geldmünzen ist dagegen das Aluminium nicht geeignet. Durch Leichtigkeit und Reinlichkeit würde Aluminiummünze zwar sehr angenehm sein, und das Falschmünzen wäre ausgeschlossen, weil kein anderes hierzu verwendbares Metall ein so geringes specifisches Gewicht hat, indessen ein Metall, welches sich in Lauge mit Leichtigkeit auflöst, trägt nicht den für Geld (abgesehen von Scheidemünze) unerlässlichen Charakter eines edlen Metalles an sich.

---

1) Siehe Fabian's Versuche Dingler's polyt. Journ. CLIV p. 437; Polyt. Centralbl. 1860 p. 347; Wagner's Jahresbericht 1860 p. 2.

Das Münzmetall muss auch für andere Gebrauchszwecke vorzügliche Tauglichkeit haben, wenn es sich im Werth erhalten soll. Gold und Silber gehen durch keinerlei äussere Einflüsse, selbst nicht durch Auflösen in Säuren eigentlich verloren, sondern können durch einfache Methoden mit geringen Kosten wiederhergestellt werden, wogegen das Aluminium in Thonerde verwandelt, völlig werthlos ist und zu seiner Wiederherstellung genau denselben Kostenaufwand wie zu seiner ersten Gewinnung erfordert. Zudem ist nicht zu vergessen, dass Gold und Silber ihren hohen Werth zum wesentlichen Theile ihrem seltenen Vorkommen verdanken; Aluminium aber ist ein chemisches Educt, welches, namentlich bei den Verbesserungen, die in der Fabrikation in Aussicht stehen, in jeder chemischen Fabrik in beliebiger Menge dargestellt werden kann. Die Geldprägung aus Aluminium wäre daher ein den Grundbedingungen des Geldwesens widersprechendes Unternehmen; und wenn schon das russische Platingeld sich nicht halten konnte, so hätte das Aluminiumgeld noch weit weniger Aussicht. Im Jahre 1855 kostete das Kilogr. Aluminium 1400 fl. s. W. (800 Thlr.), im Jahre 1858 war der Preis bereits um das Zehnfache erniedrigt, es kostete nämlich 140 fl., während heute das Rohaluminium in den französischen Fabriken um 50—60 fl. das Kilogr. abgelassen wird.

Eine der ernstesten Schwierigkeiten, welche sich früher den Verwendungen des Aluminiums entgegensetzten, bestand in dem Widerstand gegen directe Vergoldung auf galvanischem Wege und gegen die Vereinigung der Bestandtheile durch Löthen. Viele Industriezweige, welche das Aluminium gern verarbeitet hätten, weil dasselbe sich seiner Eigenschaften wegen zur Erzeugung mancher Fabrikate vorzugsweise und in der vortheilhaftesten Weise geeignet hätte, wie z. B. zur Fabrikation von Kochgeschirren und anderen Metallhohlwaaren, mussten aus diesem Grunde auf die Verwendung desselben Verzicht leisten. Th. Mourey[1]) ist es nun vor einigen Jahren gelungen, ein Löthverfahren zu ermitteln, welches allen Anforderungen der Praxis entspricht. Zum Löthen werden fünf verschiedene Lothe angewendet, die weiche und harte Löthungen geben. Die weichen Legirungen dienen zur Appretur der zusammenzulöthenden Stücke oder Flächen, die härteren zur eigentlichen Löthung. Diese Lothe haben folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Zink	80	85	88	90	94	50	65
Kupfer	8	6	5	4	2	20	15
Aluminium	12	9	7	6	4	30	20

1) Vergl. die Mittheilungen von W. v. Schwarz über Mourey's Löthverfahren Dingler's polyt. Journ. CLI p. 384; CLVII p. 445; CLXVI p. 205; Polyt. Centralbl. 1859 p. 653; 1860 p. 1453; Wagner's Jahresbericht 1859 p. 6; 1860 p. 6; 1862 p. 7.

Zuerst bringt man das Kupfer in den Graphittiegel und nachdem diess geschmolzen, setzt man nach und nach das Aluminium zu, um durch die neuen Zusätze die geschmolzene Masse im Tiegel etwas abzukühlen. Sind die beiden Metalle gehörig vereinigt, so rührt man die Legirung mit einem Eisenstabe um und trägt nun das möglichst eisenfreie Zink ein. Die Legirung wird nochmals umgerührt und zugleich etwas Benzol oder Paraffin in den Tiegel gebracht, und endlich die geschmolzene Masse in die mit Benzol ausgestrichene Metallform zu Stangen ausgegossen. Anfänglich benutzte Mourey zum Löthen Legirungen von Zink und Aluminium in folgenden Verhältnissen

	I.	II.	III.	IV.	V.
Zink	80	85	88	92	94
Aluminium	20	15	12	8	6

Es zeigte sich aber in der Praxis, dass die mit Kupfer versetzten obigen Legirungen den Vorzug verdienen, welche niedrigere und höhere Schmelzpunkte haben, mithin, wie bereits bemerkt, als Appretur- und als wirkliche Lothe Anwendung finden können. Sollen zwei Gegenstände aus Aluminium zusammengelöthet werden, es sei als Beispiel der runde Fuss oder Untersatz einer Kaffeekanne angenommen, so rauht man die zu löthenden Stellen mit einer Feile etwas auf, bedeckt sie mit dem zerkleinerten Loth und bestreicht sie, nachdem das Schmelzen des Lothes mit Hülfe eines Gas- oder eines Weingeistgebläses vor sich gegangen, mit einem Löthkolben aus reinem Aluminium, wobei man das Loth so viel als möglich in die Fugen durch gelindes Andrücken einzutreiben sucht. Die Löthkolben müssen, wie bemerkt, aus reinem Aluminium sein; an die aus Eisen oder Kupfer würde das Loth ankleben. Um die Adhärenz des Lothes an das Aluminium zu befördern, wird als Flussmittel ein Gemisch von 3 Th. Copaivabalsam mit 1 Th. venetianischem Terpentin angewendet. Mourey hat ferner seine Erfahrungen bei der Bearbeitung des Aluminiums mitgetheilt, welche sich auf das Giessen, Walzen, Drücken u. s. w. beziehen. Um das Aluminium schmelzen und giessen zu können, muss man das zu schmelzende Metall in kleinen Partien in den Tiegel eintragen, damit sich die Masse von Zeit zu Zeit bis zum völligen Schmelzen der ganzen Menge etwas abkühle. Zur Erlangung eines guten Gusses ist es wesentlich, die einzelnen Stücke in Benzol zu tauchen, ehe man sie in den Tiegel bringt. Es ist sogar anzurathen, etwas Benzol nach beendigter Schmelzung des Aluminiums in den Tiegel zu geben. Verwendet man die bei der Verarbeitung des Aluminiums sich ergebenden Abfälle, so müssen sorgfältigst die mit Loth verunreinigten Stücke ausgeschieden werden, damit der neue Guss durch das letztere nicht unrein ausfalle. Das Loth kann man durch Digeriren mit verdünnter Salpetersäure entfernen, die nur das Loth, nicht aber das Aluminium angreift. Das Ausglühen der aus Aluminium dargestellten Objecte bietet keine Schwierigkeit dar. In dem Augenblicke, wo das

Aluminium roth zu glühen beginnt, ist die Operation beendigt. Das Aluminiumblech kann zu allen runden und hohlen Formen und Gefässen auf der Drehbank gedrückt werden. Eine Eigenthümlichkeit des Aluminiums besteht darin, dass es beim Graviren und Guillochiren der directen Einwirkung des Grabstichels widersteht; letzterer gleitet an der metallischen Oberfläche wie von einer Glasfläche ab. Sobald man aber einen Firniss aus 4 Th. Terpentinöl und 1 Th. Stearinsäure zu Hülfe nimmt, dringt der Grabstichel wie in reines Kupfer ein. Die getriebenen und gedrückten Aluminiumobjecte lassen sich vor dem Glänzen sehr leicht mit Baumöl und Bimsstein abschleifen. Das Poliren des Aluminiums erfordert besondere Vorsichtsmaassregeln; die gewöhnlichen Polirmittel, wie Seife, Essig u. s. w. sind beim Aluminium nicht anwendbar, weil der Blutstein und der Polirstahl damit das Metall ebenso ritzen wie Feuerstein das Glas. Taucht man aber den Polirstein in eine innige Mischung von Baumöl und Rum, so lässt sich das Aluminium vollkommen poliren. Als das beste Mittel zum Putzen und Entfetten des Aluminiums hat sich Benzol erwiesen. Die Plattirung des Kupfers mit Aluminium [1]) bietet keine Schwierigkeit dar. Es werden z. B. Reflectoren für Gasflammen (welche in Folge des Schwefelgehalts des Steinkohlengases so leicht anlaufen, wenn sie versilbert sind) aus solchem plattirten Bleche hergestellt. Sollen andere Metalle auf galvanischem Wege mit Aluminium überzogen werden, so wendet man nach Bell [2]) als Bad wasserfreies Chloraluminium-Chlornatrium an, welches bei etwa 180° C. schmilzt. Die negative Elektrode bildet das Object von Kupfer oder sonstigem Metall, welches mit Aluminium überzogen werden soll. Als positive Elektrode kann man Aluminium anwenden, es ist aber billiger, ein Gemisch von Kohle und wasserfreier Thonerde zu benutzen, aus welchem Cylinder geformt wurden. Nachdem eine Ablagerung von Aluminium auf dem Kupfer bewerkstelligt worden ist, braucht man den Gegenstand nur auf die geeignete Temperatur zu erhitzen, damit das Kupfer auf der Oberfläche in Aluminiumbronze übergehe.

Die aus Aluminium hergestellten Objecte haben das Eigenthümliche, dass sie nach längerer oder kürzerer Zeit in Folge einer Oxydation sich bleichen und immer weisser werden. Mourey giebt dem Aluminium sofort eine helle weisse Farbe, indem er die Objecte in schwache Kieselfluorwasserstoffsäure legt und dann durch Salpetersäure passirt.

Die galvanische Vergoldung und Versilberung des Aluminiums bietet keine Schwierigkeit dar. Nach Tissier [3]) wendet man mit Erfolg

---

1) Dingler's polyt. Journ. CLXIII p. 385; Polyt. Centralbl. 1862 p. 491; Wagner's Jahresbericht 1862 p. 8.

2) Vergl. Dingler's polyt. Journ. CLXI p. 206; Polyt. Centralbl. 1861 p. 1299; Wagner's Jahresbericht 1861 p. 1.

3) Wagner's Jahresbericht 1859 p. 5.

als Goldbad eine Lösung von unterschwefligsaurem Goldoxyd-Natron an. Durch topische Vergoldung und Versilberung lassen sich höchst überraschende Effecte erzielen. Eine vollständige Versilberung von Aluminiumgegenständen ist nicht rationell, weil damit jeder Grund wegfällt, das Aluminium dem weit wohlfeileren Neusilber und Britanniametall vorzuziehen.

Magnesium.

219. Das Magnesium[1]), welches in unerschöpflichen Mengen als Chlormagnesium im Meerwasser und im Carnallit, als Magnesiasulfat im Kieserit und als Carbonat in den Dolomiten sich findet, ausserdem als Silicat einen Hauptbestandtheil vieler Gesteine ausmacht, ist seit einigen Jahren, gleich dem Aluminium, in den Kreis der technisch benutzten Metalle gezogen worden.

Es ist silberweiss, auf dem frischen Bruche bald schwach krystallinisch, bald feinkörnig oder selbst fadig. Es hat etwa die Härte des Kalkspathes und läuft an der Luft etwas an, aber nicht schneller als das Zink, auch geht die Veränderung nicht tief. Es schmilzt nahe dem Schmelzpunkte des Zinkes. Etwas oberhalb des Schmelzpunktes entzündet es sich und verbrennt mit blendend weissem Licht zu Magnesia. Die Lichtintensität des in Sauerstoff verbrennenden Magnesiums übertrifft die einer Kerzenflamme um mehr als das Fünfhundertfache. Es lässt sich leicht feilen, bohren, sägen und zu Blech ausschlagen, ist aber kaum ductiler als Zink bei gewöhnlicher Temperatur. Es lässt sich auch zu Draht ziehen. Sein specifisches Gewicht ist = 1,743. Es geht nahezu bei derselben Temperatur in Dampf über wie das Zink und kocht wie dieses. Das geschmolzene Magnesium ist teigig, wenig beweglich und lässt sich schwer formen.

Die Anwendung des Magnesiums beschränkt sich vor der Hand auf die des Magnesiumdrahtes, der beim Verbrennen in einer Gas- oder Wasserstoffflamme das in der Photographie verwendbare Magnesiumlicht[2]) giebt. Ausserdem ist es in seiner Legirung mit Kupfer statt des Zinkes zur Messingfabrikation[3]) vorgeschlagen worden.

Man stellt das Magnesium ganz analog dem Aluminium dar, indem man eine geeignete Magnesiumverbindung durch Erhitzen mit Natrium reducirt, so Chlormagnesium (nach Bunsen, Deville und Caron), Magnesiumnatriumfluorür (Tissier), Magnesiumnatriumchlorür (Son-

---

1) Literatur: Bunsen, Ann. der Chem. u. Pharm. LXXXII p. 137; Wagner's Jahresber. der chem. Technologie 1859 p. 1; 1863 p. 5; 1865 p. 1.

2) Wagner's Jahresbericht 1864 p. 686.

3) Wagner's Jahresbericht 1859 p. 2.

stadt), Tachhydrit (2 Mg Cl, Ca Cl + 12 HO; H. Schwarz), Carnallit (KCl, 2 Mg Cl + 12 HO). Petitjean will Magnesium durch Einwirkung von Kohlenwasserstoffen auf Schwefelmagnesium oder durch Zusammenschmelzen des letzteren mit Eisenfeile darstellen. Ob die Vorschläge Marquart's, Magnesium durch Destillation von Dolomit oder Magnesit mit Kohle in Zinkretorten darzustellen, beachtenswerth sind, sei dahingestellt.

Zweiter Abschnitt.

Die Legirungen.

220. Mit dem Namen **Legirungen** (alliages, *alloys of metals*) werden Verbindungen der Metalle unter sich bezeichnet, gleichgiltig ob sie in stöchiometrischen Verhältnissen vereinigt, oder ob sie nur in unbestimmten Verhältnissen gemischt sind. Nur die Verbindungen des Quecksilbers mit den übrigen Metallen werden **Amalgame** genannt.

Die technischen Eigenschaften der Legirungen lassen sich aus denen der Bestandtheile selten vorausbestimmen, dennoch giebt es einige Punkte, über welche allgemeine Angaben gemacht werden können; hierzu lassen sich folgende rechnen:

a) **Gefüge**. Die Legirungen sind stets spröder als das weichste Metall unter den Componenten; die Sprödigkeit eines Metalles nimmt durch Legiren mit einem noch spröderen Metalle niemals ab;

b) **Härte**. Die Härte ist grösser als die Härte des weichsten Metalles der Bestandtheile; ein weiches Metall wird durch Legiren mit einem härteren Metall niemals weicher, wohl aber mitunter weit härter. Ist die Härte des Bleies = 1, so ist die des Kupfers = 19,3, des Zinkes = 11,7, des Zinnes = 1,73; die Härte des Messings ist = 27,3—38,7, die der Bronze aus Kupfer und Zinn 5,3—8,6;

c) **Streckbar- und Schmiedbarkeit**. Die Legirungen sind stets minder streckbar als das streckbarste der Metalle der Componenten. Ein dehn- und streckbares Metall wird durch Legiren mit einem weniger dehnbaren nie zäher, sondern verliert oft durch geringen Zusatz eines spröden Metalles seine Dehnbarkeit fast gänzlich. Die beiden Metalle Arsen und Antimon machen die meisten übrigen Metalle hart und spröde;

d) **Specifisches Gewicht**. Die Legirungen zeigen selten das nach ihrer Zusammensetzung sich berechnende specifische Gewicht, in der Regel findet eine Verdichtung (Zunahme des specifischen Gewichtes) oder eine Volumenvergrösserung (Abnahme des specifischen Gewichtes) statt. In neuerer Zeit sind von **Bolley** und **Pillichody**,

von Calvert und Johnson, von Matthiessen u. A. zahlreiche Dichtigkeitsbestimmungen verschiedener Legirungen ausgeführt worden, ohne dass bis jetzt die Einflüsse genau bezeichnet werden könnten, durch welche das specifische Gewicht der Metalle in den Legirungen modificirt wird.

Ausdehnung findet z. B. statt bei Gold und Silber, Gold und Kupfer, Silber und Kupfer, Zinn und Blei, Zinn und Antimon; Verdichtung dagegen bei Kupfer und Zink, Kupfer und Zinn, Blei und Antimon.

e) Schmelzpunkt. Der Schmelzpunkt der Legirungen ist in den meisten Fällen geringer als der Schmelzpunkt des am leichtesten flüssigen Metalles, aus dem sie bestehen. Platin schmilzt bei 1480°, Blei bei 332° und trotz dieser gewaltigen Unterschiede in den Schmelzpunkten vermag eine kleine Menge Blei in einem Platintiegel geschmolzen denselben durch Bildung einer leichtflüssigen Legirung zu durchlöchern. Die Zunahme der Leichtflüssigkeit ist häufig auffallend gross, wie die bekannten leichtflüssigen Legirungen von Wood, von Rose u. A. zeigen, deren Schmelzpunkt bis auf 68° erniedrigt werden kann, obgleich der Schmelzpunkt des leichtflüssigsten Metalles der Componenten, des Zinnes, bei 230° liegt.

f) Verhalten in der Wärme. Legirungen von Zinn und Blei, ferner von Kupfer mit Zink, Kupfer mit Nickel und Zink können nicht bei höherer Temperatur bearbeitet werden, die Zinnbleilegirungen nicht, weil sie schmelzen, die übrigen nicht, weil sie spröde werden.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der technisch wichtigeren Legirungen nach Qualität und Quantität der Bestandtheile:

Kupfer und Zinn.	Kupfer.		Zinn.
Glockenmetall	100,00		25—28
Kanonenmetall	100,00		9—12
Gong-Gongs aus China	78,00		22,00
Metall zu Uhrenglocken	100,00		33,00
Medaillenbronze	92,00		8,00
Kupfer und Zink.	Kupfer.	Zink.	Blei.
Messing im Durchschnitt	70	30	—
Rothmetall (Tomback)	80—90	10—12	—
Aichmetall (Sterrometall)	60	40	—
Muntzmetall	56	42	2
Pinchbeck	34,0	6,0	—
Prinzmetall	2—3	1,0	—
Bathmetall	55,0	45,0	—
Mosaisches Gold oder Chrysorin	100,0	52—55	—
Messingschlagloth	49,0	31,0	—
Hämmerbares Messing	70,1	29,9	—
Kupfer und Quecksilber.	Kupfer.		Quecksilber.
Kupferamalgam als Metallkitt	30		70
Kupfer und Aluminium.	Kupfer.		Aluminium.
	90—95		10—5

Kupfer, Zinn und Zink.	Kupfer.	Zinn.	Zink.
Bronzen zu Statuenguss			
Rothgelbe Grenze	84,42	4,80	11,28
Hochgelbe Grenze	65,95	2,49	31,56
Achsen- und Zapfenlager	100	15	2,4
Scheidemünze in Frankreich u. Schweden	100	4,2	1
Scheidemünze in Dänemark	100	5,5	5,5

Kupfer, Zinn und Antimon.	Kupfer.	Zinn.	Antimon.
Britanniametall	1,84	81,90	16,25
Desgl.	0,90	90,71	9,20
Metal d'Alger	1,00	19,00	Spur

Kupfer, Zink, Nickel und Silber.	Kupfer.	Zink.	Nickel.	Silber.
Neusilber, Pakfong, Argentan	40,60	43,75	15,60	—
Desgl.	52,00	26	22	—
Desgl.	59,00	30	11	—
Desgl. (Alfenide)	63,00	31	6	—
Schweizer Scheidemünzen	50—60	25	10	5—15
Belgische Scheidemünzen	75	—	25	—
Vereinigte Staaten Scheidemünzen	88	—	12	—

Zinn und Zink.	Zinn.	Zink.
Unächtes Blattsilber	100	11

Zinn und Blei.	Zinn.	Blei.
Schnellloth	1	1
Desgl. schwaches	2	1
Desgl. starkes	1	2
Sickerloth	63	37

Zinn und Antimon.	Zinn.	Antimon.
Britanniametall	9	1

Zinn und Quecksilber.	Zinn.	Quecksilber.
Spiegelbeleg	70	30

Blei und Antimon.	Blei.	Antimon.
Schriftgiessermetall	1	10
Desgl.	1	4

Blei und Arsen.	Blei.	Arsen.
Jagdschrot	100	0,4—0,3

Zink und Silber.	Zink.	Silber.
Doppler's Spiegelmetall	1	4

Silber und Gold.	Silber.	Gold.
Grünes Gold	1	2—3
Messinggelbes Gold	2	1
Emaillirgold	9	37

Wismuth und Quecksilber.	Wismuth.	Quecksilber.
Amalgam für spiegelnde Glaskugeln	80	20

Zinn, Blei, Wismuth und Kadmium.	Zinn.	Blei	Wismuth.	Kadmium.
Newton's leichtflüssiges Metallgemisch	3	5	8	—
Desgl. von Rose	1	1	2	—
Zu Zeugdruckformen	3	2	1	—
Metall zum Abklatschen der Perrotineformen	1	1	1	—
Wood's Legirung (bei 70° schmelzend)	4	8	15	3

Zinn. Blei. Wismuth und Antimon.	Blei.	Zinn.	Wismuth.	Antimon.
Queen's Metall	9	1,0	1	1,0
Metall zum Abklatschen der Perrotineformen	48	32,5	9	10,5.

In den folgenden Paragraphen wird die Technik nachstehender, besonders wichtiger Legirungen beschrieben werden:

1) Bronze:
   α) Glockenmetall;
   β) Kanonenmetall;
   γ) Statuenbronze;
   δ) Aluminiumbronze.
2) Messing.
3) Neusilber.
4) Silber- und Goldlegirung.

Die Bronze [1]).

221. Die Bronze (Erz, Metall, bronze, *hard brass*, *bronze*) ist eine Legirung aus Kupfer und Zinn, oder Kupfer, Zinn und Zink. Die Alten — „in der Bronzezeit" — verfertigten daraus Schneidewerkzeuge, Waffen und viele andere Gegenstände, welche, gegenwärtig aus Eisen oder Stahl verfertigt, theils viel wohlfeiler sind, theils ihrer Bestimmung weit besser entsprechen. Durch den Zusatz von Zinn oder von Zinn und Zink wird das Kupfer leichtflüssiger und daher brauchbarer zum Guss, dichter und deshalb politurfähiger; es wird ferner härter, spröder, klingender und tönender und ist weit wohlfeiler als reines Kupfer, wodurch es ebenfalls zu vielen Zwecken geeigneter wird. Die hauptsächlichsten Arten der Bronze sind Glockenmetall, Kanonenmetall und Statuenbronze.

α) Glockenmetall (Glockengut, Glockenspeise, bronze à cloches, métal de cloches, *bell-metal*) besteht durchschnittlich aus 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn, und hat ein specifisches Gewicht von 8,95. Es muss Klang mit Härte und Festigkeit verbinden. Es ist ein sprödes Metall und deshalb ist die Behandlung der Glocke auf der Drehbank nicht mehr ausführbar; die Glocke muss demnach den Ton, den sie erhalten soll, durch den Guss, durch ihre Form und durch die Metallmischung erhalten. Zuweilen wird dem Metall, um Zinn zu sparen, Zink und

1) Literatur: Fr. K. H. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde, Stuttgart 1858, Bd. I, Abtheil. 1, p. 322; Dumas, Handbuch der angewandten Chemie, Nürnberg 1835, Bd. IV p. 491; Prechtl, Encyclopädie, Bd. III p. 155 und Supplementband II p. 102; Girardin, Leçons de chimie, Paris 1860, Tome I p. 770; G. Werther, Die unorganische Chemie, Zweite Abtheil. (Zur Artillerie- und Ingenieur-Technik gehörige Gegenstände), Berlin 1852 p. 92—153; C. Bischoff, Das Kupfer und seine Legirungen, Berlin 1865 p. 225.

Blei zugesetzt, was leicht die Reinheit des Tones beeinträchtigen kann. Ein Vorurtheil ist es hingegen, dass, um der Glocke einen besonders hellen Klang zu verschaffen, Silber beigemischt werden müsse. Obgleich die Chroniken nachweisen, dass beim Gusse der Glocken die Gläubigen das Silber selbst oft in Masse in den Herd geworfen haben, so hat doch die Analyse niemals Silber in diesen sogenannten Silberglocken nachzuweisen vermocht [1]). Die Oeffnungen des Herdes führten demnach nicht zu dem schmelzenden Metalle. Directe Versuche in der Glockengiesserei von Mears in London haben sogar (1861) den Beweis geliefert, dass ein Zusatz von Silber den Klang der Glocke verschlechtere. Ein Kubikfuss Glockenmetall wiegt 559 bis 561 Zollpfund. Der Gussstahl wird (vergl. S. 70) jetzt häufig als Glockenmetall verwendet.

. 222. β) Kanonenmetall (Geschützmetall, Stückgut, Gut. Kanonengut, bronze à canon, *gun-metal*); es besteht durchschnittlich aus 100 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn, hat ein specifisches Gewicht von 8,76 und muss mechanisch und chemisch dauerhaft sein. Die mechanische Dauerhaftigkeit erfordert 1) Zähigkeit, damit das Geschütz nicht beim Entzünden der Ladung, wobei dasselbe einem Drucke von wenigstens 1200—1500 Atmosphären ausgesetzt ist, gesprengt werde; 2) Elasticität, damit den durch die häufigen und stossweissen Gasentwickelungen auf die Cohäsion geschehenden Angriffen entgegengetreten werde; 3) Härte, welche die beim Anschlagen des Geschosses entstehenden Vertiefungen in der inneren Wand des Geschützes (der Seele), die sogenannten Kugellager, verhindern soll. Die chemische Beständigkeit endlich verlangt die möglichst grösste Unangreifbarkeit des Geschützes durch die Luft, durch die Zersetzungsproducte des Schiesspulvers und der Schiessbaumwolle und durch die bei der Entzündung derselben bewirkte hohe Temperatur. Dem kupferzinnhaltigem Geschützmetall ist in dem Gussstahl ein wichtiger Concurrent erwachsen.

γ) Statuenbronze zu Bildsäulen, Büsten, Verzierungen besteht aus Kupfer, Zinn, Blei und Zink. Sie muss so zusammengesetzt sein, dass sie im geschmolzenen Zustande dünnflüssig genug ist, um die Gussform vollständig auszufüllen und einen reinen scharfen Guss zu liefern, der sich leicht cisliren lässt und eine schöne grüne Patina annimmt.

---

1) Vergl. Wagner's Jahresbericht 1855 p. 33; 1859 p. 96; 1860 p. 192. — Girardin (a. a. O. Tome I p. 771) fand bei der Analyse von zwei Glocken, bei deren Guss im 12. Jahrhundert besonders viel Silber verbraucht worden war:

Kupfer	71,00	76,10
Zinn	26,00	22,30
Zink	1,80	} 1,60
Eisen	1,20	

Zu gleichem Resultate gelangte E. Reichardt bei der Analyse einer alten Glocke aus Ziegenhain bei Jena, von der die Sage ging, dass sie silberhaltig sei.

Die Reiterstatue des Königs Ludwigs XIV. in Paris (1699 beendigt) besteht aus 91,40 Kupfer, 5,53 Zink, 1,70 Zinn und 1,37 Blei; die Reiterstatue von Ludwig XV. aus 82,45 Kupfer, 10,30 Zink, 4,10 Zinn und 3,15 Blei; die von Heinrich IV. (auf dem pont neuf zu Paris) aus 89,62 Kupfer, 4,20 Zink, 5,70 Zinn und 0,48 Blei. Beim Zusammenschmelzen der Bronze schmilzt man zuerst das Kupfer ein und setzt dann die vorläufig erwärmten übrigen Metalle hinzu. Beim Zusatz des Zinkes muss man sich bemühen, dasselbe auf den Grund des geschmolzenen Kupfers zu bringen, weil ausserdem ein Theil desselben durch Verflüchtigung und Oxydation entfernt wird[1]). Man schätzt an der Statuenbronze die Eigenschaft, sich bald mit einer gleichmässigen und schön grünen Oxydschicht (Antikbronze, Patina, patine verte, patine antique) zu überziehen, eine Schicht, deren Bildung man auch häufig durch Anwendung chemischer Mittel befördert.

δ) Aluminiumbronze, aus 90—95 Proc. Kupfer und 5 bis 10 Proc. Aluminium bestehend, besitzt eine goldähnliche Farbe, ist daher auch Similor genannt worden, lässt sich schön poliren, liefert Güsse von grosser Vollkommenheit, ist sowol kalt als glühend sehr geschmeidig und von grosser Festigkeit. Sie wird gegenwärtig häufig statt Messing oder Tomback angewendet.

Das Messing[2]).

223. Das Messing oder der Gelbguss (cuivre, cuivre jaune, *brass*, *yellow brass*, *latten*) gehört zu den ältesten und am längsten bekannten Legirungen. Ob dieses aus Kupfer und Zink bestehende Metallgemisch früher bekannt war, als die Legirung des Kupfers mit Zinn, ist nicht wohl zu ermitteln. Für die Technik ist die Kupfer-Zinklegirung von weit grösserer Wichtigkeit als die entsprechende Kupfer-Zinnlegirung. Zink und Kupfer verbinden sich in allen Verhältnissen mit einander, aber nur das Messing hat unter allen Legirungsverhältnissen allein technische Anwendung gefunden. Die Quantität der beiden Metalle im Messing variirt je nach der Anwendung, die von dem Messing gemacht werden soll. Durchschnittlich beträgt der Zinkgehalt 30 Proc.

1) Von Wichtigkeit sind die Untersuchungen von C. Hoffmann über die Statuenbronze, Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt 1843 p. 209.

2) Literatur: E. J. B. Karsten, System der Metallurgie, Berlin 1831, Bd. IV p. 486; Dumas, Handbuch der angewandten Chemie, Nürnberg 1835, Bd. IV, p. 472; Prechtl's Encyclopädie, Bd. IX; Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde, Stuttgart 1858, Bd. I p. 316; J. Percy, Metallurgy, London 1861, Vol. I p. 606 (deutsche Ausgabe von Fr. Knapp, Braunschweig 1862, I p. 571); C. Bischoff, Das Kupfer und seine Legirungen, Berlin 1865 p. 150.

Im Allgemeinen ertheilt ein geringerer Zinkgehalt dem Messing eine dunklere röthlichgelbe Farbe, ein grösserer Zinkgehalt eine lichtere gelbliche Färbung. Je grösser der Kupfergehalt ist, desto dehnbarer ist das Messing. In kaltem Zustande ist das Messing hämmerbar und lässt sich strecken, walzen und zu Draht ausziehen; in heissem Zustande erhält es leicht Brüche und Risse. Ein hämmerbares oder schmiedbares Messing (yellow metal), welches sich in der Glühhitze unter Hammer und Walzen strecken lässt, erhält man durch Zusammenschmelzen von 40 Th. Zink mit 60 Th. Kupfer. Das Messing hat vor dem reinen Kupfer vielfache Vorzüge. Es hat eine angenehmere Farbe, grössere Politurfähigkeit, oxydirt sich nicht so leicht, besitzt grössere Härte und Steifheit (und eignet sich nur deshalb zu Blechgefässen und Stecknadeln), lässt sich durch Treiben in jede beliebige Form bringen, zeigt niedrigeren Schmelzpunkt und ist im geschmolzenen Zustande weit dünnflüssiger, ohne beim Erstarren wie das Kupfer blasig zu werden; es ist aus diesem Grunde, und weil es weit billiger ist als Kupfer, zu Gusswaaren ein schätzbares Material. Ein Zusatz von Blei (1—2 Proc.) macht das Messing zur Bearbeitung auf der Drehbank geeignet; solches Messing lässt sich auch besser feilen, da es die Feilen nicht verschmiert.

224. Die Fabrikation des Messings geschieht auf zweifache Weise: 1) entweder durch Zusammenschmelzen von Galmei, Kohle und Schwarzkupfer, oder 2) durch Zusammenschmelzen von metallischem Zink mit Garkupfer.

Die Messingbereitung mittelst Galmei oder das Messingbrennen ist die älteste und jetzt schon fast allgemein aufgegebene Methode. Man bedient sich dazu solcher Oefen, in welchen 7—9 Tiegel aus feuerfestem Thon zu gleicher Zeit eingesetzt werden können. Die Tiegel stehen auf einem Rost. Sämmtliche Tiegel nehmen so viel Masse auf, als zur Darstellung von 100—120 Pfund Messing erforderlich ist. Man benutzt gewöhnlich gerösteten Galmei und zinkhaltigen Ofenbruch der Hohöfen. Da man mit Galmei dem Messing nicht mehr als 27 bis 28 Proc. Zink geben kann, so setzt man kurz vor dem Giessen der geschmolzenen Masse Galmei zu. Früher liess man die Messingfabrikation in zwei Operationen zerfallen: die erste bezweckte die Herstellung einer Legirung (Arcoschmelzen), welche nur 20 Proc. enthielt; bei der zweiten verband man das Arco (Rohmessing, Mengemessing, Stückmessing, arcot) mit einer neuen Zinkmenge, um es in eigentliches Messing zu verwandeln (Tafelmessingschmelzen). Das Arcoschmelzen ist ein sehr unvortheilhaftes Verfahren, weil die Schmelzkosten dadurch unnöthig vergrössert werden, doch war man früher der Ansicht, es werde durch ein besonderes Arco- und Tafelmessingschmelzen ein besseres Product erhalten. Das Arcoschmelzen fällt gegenwärtig hinweg und man giebt dem Metallgemisch, wenn es in Fluss gekommen ist, das noch mangelnde Zink. Auf gleiche Weise verfährt man mit dem Ofenbruche, aus wel-

chem allein, ohne Zusatz von metallischem Zink, kein Messing hergestellt werden kann. Beim Guss zu Tafelmessing wird der Inhalt aus allen Tiegeln in einem Tiegel (dem sogenannten G i e s s e r), welcher vor dem Messingschmelzofen in einer Grube (dem M o n t h a l oder M u n d a l) steht, zusammengegossen, das flüssige Metall mit einem eisernen Stabe (K a l i o l) umgerührt und die Oberfläche gereinigt, worauf der Inhalt in die bestimmten Formen gegossen wird. Der Guss in eisernen Formen gelingt nicht gut, wenn es sich um die Herstellung dünner Platten handelt, daher giesst man zwischen Granittafeln, von denen je zwei eine Gussform ausmachen. Die Granittafeln erhalten einen Ueberzug aus Lehm und Kuhmist und werden vor dem Guss gut angewärmt. Es können gegen zwanzig Tafeln gegossen werden, ehe man den Lehmüberzug zu erneuern braucht. Die gegossenen Tafeln werden hierauf überarbeitet, um die Gussnaht zu beseitigen, und dann vermittelst einer Circularsäge in Stücke von passender Form zerschnitten.

Das aus Galmei gebrannte Messing wurde früher von den Knopfmachern dem direct aus Zink dargestellten vorgezogen, angeblich weil es besser sei zur Feuervergoldung und zum Löthen beim Ansatz der Oesen, ob mit Recht oder Unrecht, sei dahingestellt.

225. Die F a b r i k a t i o n d e s M e s s i n g s a u s Z i n k kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden. Die einfachste und vorzüglichste Methode besteht in der Anwendung gewöhnlicher Tiegel, in welche Kupfer und Zink mit einander geschichtet eingetragen werden und eine starke Decke von Kohlenstaub erhalten. Kupfer und Zink werden in zolldicken Stücken angewendet. Ein Arcoschmelzen findet bei diesem Verfahren nicht statt. Es ist in jedem Falle vorzuziehen, beide Metalle zu gleicher Zeit einzusetzen und mit Kohlenstaub zu bedecken, als das Kupfer zuerst einzuschmelzen und das Zink in das geschmolzene Kupfer einzutragen. In letzterem Falle ist eine Explosion fast unvermeidlich, auch erfolgt niemals eine so innige Verbindung, als wenn beide Metalle zugleich eingeschmolzen werden. Bei der Darstellung des Messings im Grossen (wie in den Messingblechwalzwerken) wendet man Flammenöfen an, in deren vertiefter Sohle das Messing geschmolzen wird. Bisweilen setzt man auch schon dünn gewalztes Kupferblech Zinkdämpfen aus, um es in Messingblech überzuführen.

226. Dem M e s s i n g ä h n l i c h e L e g i r u n g e n sind T o m b a c k (rothes Messing, Rothmetall, Rothguss, tombac, bronze, *tombac, red brass*), welches stets mindestens 80 Proc. Kupfer enthält. Aus 2 Th. Zink und 11 Th. Kupfer stellt man in Nürnberg und Fürth die Legirung dar, die von den dasigen Metallschlägern zu B l a t t g o l d (Goldschaum) verarbeitet wird. Andere Kupferzinklegirungen von goldähnlicher Farbe, die nur vereinzelte Anwendung finden, sind: P r i n z m e t a l l, S i m i l o r, M a n n h e i m e r G o l d, P i n c h b a k, T a l m i g o l d (in Paris zu Uhrketten verarbeitet), O r e ï d e (zu Löffeln und

18*

Gabeln, aber auch zu Ornamenten und Beschlägen verwendet), das Muntzmetall, das Aich- und Sterrometall (welche Legirungen im wesentlichen mit dem schmiedbaren Messing übereinstimmen), das Chrysorin (zu gegossenen Luxusartikeln verwendbar) und die unter dem Collectivnamen Weissmessing begriffenen Legirungen Bathmetall (aus 55 Th. Kupfer und 45 Th. Zink bestehend und zu Knöpfen, Leuchtern und Theekannen verwendet) und die Platine (43 Th. Kupfer und 57 Th. Zink, zu den sogenannten birminghamer Kleiderknöpfen dienend) etc.

Das *Potin jaune* der Franzosen ist ein ordinäres, hartes, sprödes, nur zu Gusswaaren taugliches Messing, das durch Einschmelzen von Messingabfällen aller Art dargestellt wird.

Das Neusilber.

227. Das Neusilber (Argentan, Pakfong, Weisskupfer, maillechort, argent d'Allemagne, *german silver, pakfong, tutenay*) ist eine Legirung aus Kupfer, Nickel, Zink oder Zinn, die man auch betrachten kann als Messing mit einem Zusatze von $^1/_6 - ^1/_3$ Nickel. Das Neusilber ist als Nachahmung des chinesischen Weisskupfers oder Pakfongs in Deutschland zuerst ins Leben getreten. Die Veranlassung dazu gab eine vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen gestellte Preisaufgabe, eine Legirung für den grossen Betrieb zu erfinden, welche im Ansehen dem zwölflöthigen Silber gleichkäme, sich vielfach bearbeiten und als Speise- und Küchengeräth gebrauchen liesse; ohne nachtheilige Folgen für die Gesundheit herbeizuführen. Nach vielfachen Versuchen errichteten 1824 Gebrüder Henniger in Berlin eine Fabrik für Neusilber- oder Weisskupferwaaren, während gleichzeitig Geitner zu Schneeberg in Sachsen dieselbe Legirung darstellte und unter dem Namen Argentan in den Handel brachte. Auch in Frankreich und England fand diese Legirung inzwischen Eingang; im ersteren Lande wurde jedoch der Name Neusilber nicht gestattet, sondern statt dessen die noch jetzt übliche Benennung *maillechort* angenommen. Das Neusilber ist von fast silberweisser Farbe, von dichtkörnigem oder feinzackigem Bruche, 7,18 bis 8,94 spec. Gewichte und ist härter, aber fast eben so dehnbar als gewöhnliches Messing. Da das gegossene Metall nach dem Erstarren krystallinisch wird, so muss es dunkelroth geglüht und wieder völlig erkaltet werden, bevor man es wieder hämmert und walzt. Es ist im hohen Grade politurfähig.

228. Bei der Bereitung des Neusilbers werden Zink, Kupfer und Nickel im zerkleinerten Zustande, letzteres meist als Würfelnickel, häufig auch Kupfer und Nickel schon in Gestalt der Legirung, wie sie (vergl. S. 232) von den Nickelhütten geliefert wird, angewendet. Man

bringt die Metalle gemengt in einen Tiegel, doch in der Weise, dass oben und unten etwas Kupfer zu liegen kommt, bedeckt das Ganze mit Kohlenpulver und schmilzt, wobei öfters mit einem eisernen Stabe umgerührt wird. Auch kann man zuerst das Zink mit seiner halben Gewichtsmenge Kupfer zusammenschmelzen und es in dünne, leicht zerbrechliche Platten bringen; den Rest des Kupfers schmilzt man in Gestalt von Granalien mit dem Würfelnickel gemengt, unter einer Decke von Steinkohlenpulver mit etwas Talg ein und setzt, sobald das Gemenge geschmolzen ist, das Messing in kleinen Stücken hinzu. Nachdem die Metalle geschmolzen und gehörig gemischt sind, zieht man die Schlacken und die auf dem geschmolzenen Metall sich bildende Haut von Zinkoxyd ab und giesst das Metall in Plattenform. Gutes Neusilber gleicht 12löthigem Silber und nimmt eine schöne Politur an, welche an der Luft unverändert bleibt. Es wird von sauren Flüssigkeiten weit weniger als Kupfer und Messing angegriffen, weshalb es ohne Gefahr zu Geschirren, in denen Speisen aufbewahrt werden sollen, Anwendung finden kann.

Die Zusammensetzung des Neusilbers ist

Kupfer	50—66
Zink	19—31
Nickel	13—18,5.

In *Berlin* werden nach *Schubarth* folgende drei Sorten dargestellt:

	Kupfer.	Nickel.	Zink.
Prima	52	22	26
Secunda	59	11	30
Tertia	63	6	31.

In *Sheffield* werden nachstehende Sorten gefertigt:

	Kupfer.	Nickel.	Zink.
Ordinär	8	2	3½
Weiss	8	3	3½
Electrum	8	4	3½
Strengflüssig	8	6	3½
Tutenay	8	3	6½.

Das Neusilber ist selbst auf dem Probirsteine kaum vom 12löthigen Silber zu unterscheiden. Befeuchtet man aber den Strich mit Salpetersäure, so wird er rascher gelöst als der von Silber, und auf Zusatz von Salzlösung erfolgt keine Trübung.

229. Das im Handel vorkommende *Chinasilber*, aus dem man gegenwärtig Milchkannen, Theeservice, Gabeln, Löffel u. s. w. fabricirt, ist galvanisch versilbertes Neusilber, welches etwa 2 Proc. seines Gewichtes an Silber enthält und sich durch vollkommene Aehnlichkeit mit silbernen Gefässen und Geräthschaften, bei bedeutend billigerem Preise empfiehlt. Dem Chinasilber ähnlich sind die unter dem Namen *Alfènide*, *Christoflemetall*, *Perusilber* und *Alpaka* aufgetauchten Legirungen.

Eine im Jahre 1855 aufgekommene silberhaltige Nickellegirung von de Ruolz und de Fontenay, welche das Silber fast zu allen Zwecken ersetzen kann, besteht aus 20 Th. Silber, 25—30 Th. Nickel und 50—55 Th. Kupfer, welches Verhältniss auch noch dahin abgeändert werden kann, dass man 30 Th. Silber, 31 Th. Nickel und 4—9 Th. Kupfer nimmt. Das Nickel muss hierzu möglichst rein sein. Das käufliche Nickel wird zu dem Ende gereinigt. Bei der Darstellung der Legirung schmilzt man zuerst Nickel und Kupfer zusammen und setzt dann das Silber zu; als Fluss dient Borax mit Kohlenpulver. Diese Legirung eignet sich vorzugsweise zu Gussstücken, ist aber auch dehnbar, und wenn es ausgeplättet werden soll, muss der Barren vorher mit Kohlenpulver bedeckt und bis zum schwachen Rothglühen erhitzt werden. Wenn man auf die Dehnbarkeit verzichtet, so kann man das Gussmetall noch etwas verbessern, wenn man zu 100 Th. der fertigen Legirung $^{1}/_{1000}$ bis $^{10}/_{1000}$ Phosphor setzt. Diese phosphorhaltige Legirung fliesst leichter, hat ein dichteres Korn und mehr Gleichförmigkeit, ist nicht porös und besitzt endlich eine schöne weisse Farbe. Karmarsch fand, dass diese Legirung eine sehr schöne Politur annimmt, dass sie weit härter ist als 12löthiges Silber und Neusilber, dass die Farbe aber die von gutem Argentan an Schönheit nicht übertrifft.

Eine andere silberhaltige Nickellegirung wird in der Schweiz seit 1850 als Scheidemünzmetall angewendet. Es sollen in 1000 Th. enthalten

die Stücke von	Silber.	Kupfer.	Zink.	Nickel.
20 Rappen	150	500	250	100
10 ,,	100	550	250	100
5 ,,	50	600	250	100

Das eigenthümliche Verfahren, das Silber anstatt mit Kupfer mit Neusilber zu legiren, wurde wohl durch das Bestreben hervorgerufen, der geringhaltigen Silberscheidemünze ein weniger unehrenhaftes Aussehen zu verleihen, als das Scheidemünzsilber darbietet, wenn es abgegriffen ist. Die Schweizer Münzen werden allerdings durch die Abnutzung nicht roth, nehmen aber dagegen eine nicht angenehme, schmutzig gelbe Farbe an. Ausserdem ist diesen Münzen der Vorwurf zu machen, dass ihr geringer Silbergehalt nur schwierig und mit grossen Kosten wieder zu Gute gemacht werden kann, und dass dieses Scheidemünzmetall unbrauchbar ist, um etwa durch Zusatz von besserem Silber höher hinauf legirt zu werden. In Belgien wendet man seit etwa zehn Jahren auch eine Kupfer-Nickel-Legirung (aus 25 Nickel und 75 Kupfer) zu den 5-, 10- und 20-Centimesstücken an. Auch in den Vereinigten Staaten prägt man gegenwärtig Scheidemünzen (Cent-Stücke), enthaltend 12 Nickel und 88 Kupfer.

Das im vorigen Jahrhundert unter dem Namen Suhler Weisskupfer zu Gewehrgarnituren und Sporen verwendete Metall war die

erste Nickellegirung, die in den Gewerben Anwendung fand. Sie bestand aus 88 Kupfer, 8,75 Nickel und 1,75 Antimon und wurde aus alten Schlackenhalden von eingegangenen Bergwerken bei Suhl durch Pochen und Waschen gewonnen.

Gold- und Silberlegirungen.

Silberlegirungen.

230. Reines Silber wird als zu weich fast nie, sondern nur mit Kupfer legirt, verarbeitet. Diese Legirungen sind härter und klingender als reines Silber. In Deutschland bezeichnet man den Gehalt dieser Legirungen auf die Weise, dass man die Lothe angiebt, welche in der Mark enthalten sind (eine Mark = 16 Loth; ein Loth = 18 Grän). Eine feine Mark = 16 Loth Feinsilber. Eine rauhe oder beschickte Mark enthält Kupfer und Silber in verschiedenen Verhältnissen. In Frankreich, Belgien und seit der Münzconvention von 1857 auch in Deutschland bezeichnet man das Feinsilber mit $^{1000}/_{1000}$ und deutet den Feingehalt der Legirung durch Tausendtheile (millièmes) an. In vielen Ländern existiren gewisse, zum Theil gesetzlich bestimmte Legirungsverhältnisse, nach welchen die Silberarbeiten gewöhnlich dargestellt werden. Silber von diesem vorgeschriebenen Feingehalte heisst Probesilber (argent au titre, *standard silver*). Dieses Probesilber hält in

Bayern, Oesterreich etc.	13	Loth	—	Grän	=	$^{8125}/_{10000}$
Sachsen, Preussen, Hannover	12	,,	—	,,	=	$^{750}/_{1000}$
Frankreich, Belgien	15	,,	3,6	,,	=	$^{950}/_{1000}$
	12	,,	14,4	,,	=	$^{800}/_{1000}$
England	14	,,	14,4	,,	=	$^{925}/_{1000}$.

In Frankreich wendet man (nach dem Gesetz vom 19. Brumaire VI oder 9. November 1797) folgende Legirungen an:

	Silber.	Kupfer.
Silbergeld	900	100
Medaillen	950	50
Silbergeräthe	950	50
Silberschmuck	800	200
Silberloth	670—880	330—120.

Neuerdings (1864) ist von Péligot empfohlen worden, das Kupfer in der Mischung ganz oder theilweise durch Zink zu ersetzen, z. B.

Silber	95	90	80	90	80	83,5
Zink	5	10	20	5	10	7.2
Kupfer	—	—	—	5	10	9,3.

Auch das Kadmium ist, um die Legirung weisser zu machen, in dieselbe einzuführen vorgeschlagen worden.

Probiren der Silberlegirungen.

231. Um den Feingehalt oder Titre einer Kupfer-Silberlegirung kennen zu lernen, wendet man an:

1) die Probe auf trocknem Wege oder die Kupellation,
2) die Probe auf nassem Wege oder Gay-Lussac's Probe,
3) die hydrostatische Probe oder die Probe von Karmarsch.

Der eigentlichen Probe auf trocknem Wege oder der Kupellation (coupellation) geht eine approximative Bestimmung des Feingehaltes der zu untersuchenden Probe voran, die darin besteht, dass man mit der zu probirenden Legirung einen Strich auf den Probirstein (pierre de touche, *touch-stone*), einen schwarzen Kieselschiefer oder Basalt, macht, und ebenso mit Probirnadeln (touchaux, *touching-needles*), die aus Legirungen derselben Metalle verfertigt und ihrer Zusammensetzung nach bekannt sind. Aus der Aehnlichkeit der Striche schliesst man auf die Aehnlichkeit der Legirung, wobei jedoch der Umstand nicht ausser Acht zu lassen ist, dass die Oberfläche von Silberlegirungen durch Ansieden häufig silberreicher gemacht wurde, in welchem Falle die Fläche erst angefeilt werden muss. Darauf schmilzt man die Legirung auf einer Kapelle (coupelle, têt, *coupel*, *test*, d. i. einem kleinen Schälchen, das aus $^3/_4$ ausgelaugter Asche von hartem Holze und $^1/_4$ Knochenasche angefertigt ist) mit reinem Blei (Probirblei, am besten durch Reduction einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd mittelst metallischen Zinkes erhalten) zusammen, und zwar mit einer um so grösseren Menge desselben, je geringer der Silbergehalt ist. Zuerst wird die Kapelle in einer Muffel glühend gemacht, darauf das Silber hineingebracht, und sobald dieses geschmolzen ist, auch die Silberprobe. Kupfer und Blei oxydiren sich und ziehen sich im geschmolzenen Zustande in die poröse Masse der Kapelle. Sobald die Oberfläche des geschmolzenen Silbers oxydirt erscheint, ist die Kupellation beendigt. Nach dem Erkalten wird das Silberkorn gewogen und daraus der Feingehalt der Legirung berechnet. Man stellt stets zwei Proben an, welche, wenn sie Gültigkeit haben sollen, bis auf $^1/_{1152}$ übereinstimmen müssen. Die Kupellation giebt den Feingehalt um $^1/_2$ bis 2 Grän zu niedrig an.

232. Die Probe auf nassem Wege oder die Titrirprobe[1]) wurde in Folge von Beschwerden französischer Münzmeister über die durch die Kupellation ermittelten Bestimmungen des Feingehal-

1) Gay-Lussac, Unterricht über das Verfahren, Silber auf nassem Wege zu probiren. Aus dem Französischen von J. Liebig, Braunschweig 1833; Mulder, Die Silberprobirmethode; aus dem Holländischen übersetzt von Grimm, Leipzig 1859; Fr. Mohr, Lehrbuch der Titrirmethoden, Braunschweig 1862 p. 339.

tes im Jahre 1828 auf Veranlassung der französischen Regierung von Gay-Lussac ausfindig gemacht. Sie ist leicht auszuführen und bis auf $^1/_{2000}$ oder $^1/_{20}$ Proc. genau und beruht auf der Eigenschaft des Kochsalzes, das Silber aus seiner salpetersauren Lösung als Chlorsilber niederzuschlagen. Da man weiss, dass 5,4274 Grm. Kochsalz genau 1 Grm. Silber aus seiner Lösung fällen, so kann man bei Anwendung der gewöhnlichen Mohr'schen Titrirapparate einen Schluss auf den Feingehalt der aufgelösten Legirung ziehen.

233. Die hydrostatische Silberprobe ist von Karmarsch in den Fällen vorgeschlagen worden, in welchen die Silberproben durch Kupellation und durch Titriren nicht zulässig sind, wie z. B. bei geprägtem Gelde. Sie soll durch blosse Bestimmung des spec. Gewichtes einer Silber-Kupferlegirung den Feingehalt angeben. Karmarsch fand, dass Kupfer und Silber sich beim Legiren ausdehnen und zwar um 0,33 Proc. beim 13löthigen, um 0,16 Proc. beim 11löthigen und um 0,25 Proc. beim 9löthigen Silber und dass ausgewalztes Feinsilber beim Prägen um 0,12 Proc. seines Volumens, 9löthiges Silber um 0,01 Proc. verdichtet wird und so die übrigen Legirungen nach Verhältniss ihres Feingehaltes. Allgemein ist daher eine Legirung um so dichter, je mehr sie dem mechanischen Drucke unterworfen war; der Grad dieser Verdichtung ist verschieden nach der Löthigkeit und compensirt die Ausdehnung beim Legiren nur zum kleinen Theil. Daher ist die Probe nicht bei gegossenem und wenig bearbeitetem, sondern nur bei geprägtem Silber anzuwenden. Auch sind grössere Gegenstände durch ihr Volumen, und unreine oder gelöthete Sachen wegen der fremden Metalle ausgeschlossen. Endlich setzt die Genauigkeit der Probe die Abwesenheit von nicht silberhaltigen Theilen und streng genommen auch der weissgesottenen Oberfläche voraus. Bei geprägtem Silber weichen die berechneten Resultate von der Probe durch Kupellation selten mehr als 3 Grän = $^{10.4}/_{1000}$ ab.

Die empirische Regel der Bestimmung des Silbers nach der hydrostatischen Methode ist folgende: Man subtrahirt von dem gefundenen specifischen Gewichte der Legirung die Zahl 8,814, hängt dem Reste zwei Nullen an und dividirt diese Zahl, die jetzt als ganze gilt, durch 579. Der Quotient giebt den Feingehalt in Gränen an. Es sei z. B. das spec. Gewicht einer Legirung = 10,076, so ist der Feingehalt derselben = 216 Grän oder 12 Loth, denn 10,076—8,814 = 1,251 und 125100 : 579 = 216.

Um die Berechnung des Feingehaltes aus dem specifischen Gewichte zu ersparen, kann man sich auch umstehender von Karmarsch[1]) berechneter Tabelle bedienen, welche den dem specifischen Gewichte entsprechenden Feingehalt angiebt.

1) Die vollständige Tabelle siehe im Journal für pract. Chemie XLIII p. 200.

Feingehalt.				Feingehalt.			
Tausendtheile [1].	Loth.	Grän.	Spec. Gewicht.	Tausendtheile.	Loth.	Grän.	Spec. Gewicht.
625.1	10	—	9,856	826,5	13	2	10,181
632,1	10	2	9,868	833,4	13	4	10.192
639,0	10	4	9,879	840,4	13	6	10,204
646,0	10	6	9,891	847,3	13	8	10,215
652,8	10	8	9,903	854,3	13	10	10,227
659,8	10	10	9,914	861,2	13	12	10,238
666,7	10	12	9,926	868,1	13	14	10.250
673.7	10	14	9,937	875,0	13	16	10.262
680,6	10	16	9.949	882,0	14	—	10,273
687.6	11	—	9,961	888,9	14	2	10,285
694,5	11	2	9,972	895,9	14	4	10,296
701.5	11	4	9,984	902,8	14	6	10.308
708,4	11	6	9.995	909,8	14	8	10.319
715.4	11	8	10,001	916,7	14	10	10.331
722.3	11	10	10,018	923.7	14	12	10.343
729,3	11	12	10.030	930,6	14	14	10,354
736,2	11	14	10,042	937,5	14	16	10.366
743.2	11	16	10,053	944,4	15	—	10,377
750.0	12	—	10.065	951,4	15	2	10.389
757,0	12	2	10,076	958,3	15	4	10.400
763,9	12	4	10.088	965,3	15	6	10,412
770,9	12	6	10,099	972,2	15	8	10,424
777,8	12	8	10,111	979.2	15	10	10,435
784,8	12	10	10,123	986,1	15	12	10,447
791,7	12	12	10.134	993,1	15	14	10.458
798,7	12	14	10,146	1000,0	15	16	10,470
805,6	12	16	10,157		16	—	10,482
812,6	13	—	10,169				
819.5							

Goldlegirungen.

234. Feingold wird sowohl seiner Weichheit wegen, als auch in Folge seines hohen Preises nicht verarbeitet; es wird nur zu Blattgold und zum Malen auf Glas oder Porzellan angewendet. Das verarbeitete Gold ist stets mit Kupfer oder mit Silber legirt; eine solche Legirung ist weit härter als feines Gold. Die Geschmeidigkeit des Goldes wird durch den Kupfer- und Silberzusatz nicht wesentlich beeinträchtigt. Man berechnet die Goldlegirungen nach Karat und Grän; man theilt die Mark = $^1/_2$ Pfund in 24 Karate, den Karat in 12 Grän. Unter 18karätigem Golde versteht man solches, welches auf die Mark 18 Karat Kupfer oder Silber enthält. In Frankreich, Belgien und einem Theile von Italien drückt man ebenso wie beim Silber den Feingehalt in Tausendtheilen aus, demnach ist z. B. Gold von 0,840 solches, das in 1000 Theilen 840 Gold und 160 Zusatz hat. Man unterscheidet rothe Karatirung, wenn nur Kupfer zugesetzt ist, weisse Karatirung, wenn

1) Die Tausendtheile sind von Dr. C. Bischoff berechnet worden.

die Beimischung aus Silber, und gemischte Karatirung, wenn die Beimischung aus Silber und Kupfer besteht. In den meisten deutschen Ländern verwendet man zu den besseren Arbeiten 14karätiges, auch wohl 18karätiges Gold, zu den ordinären Gegenständen wendet man 6karätiges (Joujougold) und selbst $2^1/_2$karätiges an, in welchem Falle die Farbe der Legirung durch Vergoldung aufgebessert wird. Das Dukatengold ist $23^1/_2$—$23^2/_3$karätig. Gold von dem zur Verarbeitung gesetzlich vorgeschriebenen Feingehalt heisst Probegold (or au titre, *standard gold*). In Oesterreich verarbeitet man Gold von 7 Karat 10 Grän ($^{326}/_{1000}$), 13 Karat 1 Grän ($^{545}/_{1000}$), 18 Karat 5 Grän ($^{767}/_{1000}$), in Frankreich, Italien und Belgien haben die Gold-Kupferlegirungen gesetzlich folgende Zusammensetzung:

		Gold.	Kupfer.
Goldmünzen		900	100
Goldgeräthschaften	1 Titer	920	80
	2 ,,	840	160
	3 ,,	750	250
Medaillen		916	84

Die kleine Menge Silber, welche das Gold stets begleitet, wird als Kupfer gerechnet und kommt nicht in Betracht. Zu Verzierungen auf Goldarbeiten wendet man besondere Goldlegirungen an; so erhält man grünes Gold (or vert) aus 2—3 Th. Gold und 1 Th. Silber, blass messinggelbes Gold aus 1 Th. Gold und 2 Th. Silber, blassrothes aus 3 Th. Gold, 1 Th. Kupfer und 1 Th. Silber, hochrothes aus gleichen Theilen Kupfer und Gold etc.

In England ist die Beobachtung, dass Gold von 12 Karat Gehalt und weniger, mit Zink statt Silber legirt, die Farbe gewisser durch das Gesetz vorgeschriebener Gold-Silberlegirungen hat, vielfach betrügerisch gemissbraucht worden.

Die Herstellung der Legirung geschieht in Graphittiegeln im Essen- oder Windofenfeuer. Da nur sehr selten ganz reines Gold zu legiren ist, so wird das richtige Verhältniss in der Regel durch Zusammenschmelzen von besserem Golde mit geringhaltigem, oder auch nur mit Silber und Kupfer erreicht.

Goldprobe.

235. Um den Feingehalt einer Legirung zu ermitteln, bedienen sich die Goldarbeiter und die Münzwerkstätten des Probirsteines und der Probirnadeln, welche in Frankreich einen Goldgehalt von 583, 625, 667, 708 und 750 zeigen (S. 280) und behandeln den Strich mit verdünntem Königswasser, um aus dem Verschwinden oder Unverändertbleiben einen Schluss auf den Goldgehalt zu ziehen. Es liegt auf der Hand, dass die Probe, die überhaupt nur für Gold von mindestens 8 Karat Feingehalt Anwendung finden kann, nur annähernde Resultate

zu liefern im Stande ist. Am besten nimmt man die Probe durch Kupellation (vergl. S. 280) vor. Zu diesem Zwecke schmilzt man das goldhaltige Korn, je nachdem es eine tiefgelbe, lichtgelbe oder weisse Farbe besitzt, mit der dreifachen, doppelten oder gleichen Gewichtsmenge Silber und mit dem zehnfachen Gewicht Blei zusammen. Nach dem Einschmelzen wird die Legirung auf der Kapelle abgetrieben, das zurückbleibende Korn von Goldsilber zu einem dünnen Blech ausgewalzt und das Blech mit Salpetersäure digerirt. Das in Gestalt des Bleches zurückgebliebene poröse Gold wird gut ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen.

Dritter Abschnitt.

Die Metallgiesserei[1]).

236. In dem Giessen (couler, fondre, *found, cast*) der Metalle hat man ein äusserst wichtiges und häufig angewendetes Mittel, denselben diejenige Form zu geben, welche ihr Gebrauch sowohl in der Technik, als auch zu Zwecken des gewöhnlichen Lebens erfordert. Die Methode, mit flüssigem Metall eine bestimmte Form (Giessform, moule, *mould*) auszufüllen, und so nach dem Erstarren mit geringer Mühe und verhältnissmässig wenig Kosten Gegenstände von beliebiger Form zu erzeugen, ist so wenig complicirt, dass sie, wenn es nur sonst die Umstände erlauben, einem jeden anderen, ein gleiches Resultat liefernden technischen Processe vorzuziehen ist. Nur wenn das Metall einen zu hohen Schmelzpunkt hat, wie z. B. das Platin und das Schmiedeeisen, oder im Gusse leicht eine fehlerhafte Beschaffenheit annimmt, wie das Kupfer, oder endlich, wenn der herzustellende Gegenstand so dünn oder so zart ist, dass durch den Guss eine vollkommene Herstellung nicht möglich erscheint, steht die Giesserei anderen Methoden der Bearbeitung nach.

Zur Ausführung eines Gusses (Gussstückes) gehört dreierlei, nämlich 1) ein geeignetes Metall, 2) eine passende Vorbereitung dieses Metalles, 3) die Giessform.

Zur Herstellung von Gusswaaren eignen sich alle diejenigen Metalle, welche einen nicht zu hohen Schmelzpunkt haben und nach dem Erstarren die Giessform vollständig ausfüllen, ohne dabei porös und

---

1) Literatur: J. B. Launay d'Avranches, Manuel du fondeur, Paris 1836; Fr. Overman, The Moulders and Founders pocket guide, Philadelphia 1851; Guettier, De la fonderie, Paris 1841; C. Hartmann, Handbuch der Metallgiesserei, Weimar 1840; F. K. H. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde, Stuttgart 1858, Bd. I p. 442; G. Altmütter, Werkzeugsammlung, Wien 1847, p. 144; K. Karmarsch, Handbuch der mechan. Technologie, Hannover 1866 (4. Aufl.), Bd. I p. 82; E. F. Dürre, Aphorismen über Giessereibetrieb, Berg- und hüttenm. Zeitung 1865 p. 2, 24, 33, 61, 81, 127, 165, 232, 325, 333, 346, 361; 1866 p. 7 etc.

blasig zu werden. Diese Bedingungen erfüllen nur folgende Metalle und Legirungen:

Gusseisen, das wichtigste Giessmaterial, welches bei billigem Preise die Formen vollständig erfüllt und grosse Festigkeit besitzt, und Gussstahl, welcher seit etwa 10 Jahren, wie allgemein bekannt, zum Giessen von Glocken, Kanonen etc. grosse Bedeutung erlangt hat;

die Kupfer-Zinklegirungen (Messing und Rothmetall oder Tomback) und die Nickellegirungen (Argentan, Neusilber), die schon in der Rothglühhitze schmelzen und einen festen, aber auch kostspieligen Guss liefern;

die Bronze, welche je nach ihrer Zusammensetzung sich durch Härte und Zähigkeit, oder durch Dünnflüssigkeit, in deren Folge sie sich zu fein ausgebildeten Güssen besonders eignet, auszeichnet;

das Zink, schon vor der Glühhitze schmelzend, ist ein vortreffliches Material zum Giessen. Die Vortheile des Zinkgusses vor dem Bronzeguss lassen sich in folgender Weise ausdrücken: die Wohlfeilheit der Producte steht obenan; die Witterungsbeständigkeit ist ausser Zweifel gestellt; die Bildsamkeit des Metalles, die Reinheit und Schärfe des Gusses haben sich auf das entschiedenste bewährt. Der in der Regel meist zehnmal theuerere Bronzeguss findet dort, wo es nicht auf monumentale Arbeiten ankommt, namentlich bei Ornamenten, einen genügenden Ersatz. Die Zinkgüsse sind äusserst spröde;

das Zinn ist zu Gusswaaren weniger geeignet als eine Legirung von Zinn und Blei, oder von Zinn, Blei und Antimon (Britanniametall);

das Blei wird, ungeachtet seines niederen Schmelzpunktes, wegen seiner geringen Festigkeit und grossen Weichheit selten zur Herstellung von Gusswaaren angewendet; mit Antimon legirt, nimmt es grössere Härte an und füllt die Formen sehr vollständig aus;

Silber und Gold finden ihres Preises wegen nur wenig Anwendung zu Gusswaaren.

Die Fähigkeit eines Metalles, in alle Vertiefungen der Form einzudringen und einen getreuen und scharfen Abguss zu liefern, beruht auf der Dünnflüssigkeit und auf dem Verhalten des Metalles beim Erstarren und Abkühlen. Vor und nach dem Erstarren findet ein Zusammenziehen statt, das um so grösser ist, je höher der Schmelzpunkt des Metalles liegt. Im Augenblick des Erstarrens selbst erleidet in Folge einer Andersgruppirung der Moleküle das Volumen eine abermalige Veränderung, und zwar findet beim Roheisen und beim Zink eine Vergrösserung, bei allen übrigen, in der Giesserei angewendeten Metallen eine Verminderung des Volumens statt. Darin liegt der Grund, dass Eisen- und Zinkgüsse durch grosse Schärfe sich auszeichnen, während die beim Festwerden ihr Volumen vermindernden Metalle stumpfe und unvollständige Abdrücke der Form liefern. Die Ausdehnung, welche das Eisen und Zink beim Erstarren erleiden, ist jedoch geringer als die Zu-

sammenziehung während des Abkühlens, daher denn ein Eisen- oder Zinkguss nach dem Erkalten stets etwas kleiner ist, als die Form. Auf das Schwinden (retraite, *contraction*) ist Rücksicht zu nehmen, wenn das Gussstück genau bestimmte Dimensionen haben muss, wie es z. B. bei Maschinentheilen aus Gusseisen der Fall ist. Der Betrag des Schwindens oder das Schwindemaass ist von der Grösse der Gussstücke, der grösseren oder geringeren Ueberhitzung des Metalles beim Schmelzen und des Wärmeleitungsvermögens der Gussform abhängig. Im Durchschnitt beträgt das Schwindemaass

	linear	im Kubikinhalte
bei Gusseisen	1/96	1/32
,, Messing	1/64	1/22
,, Kanonenmetall	1/130	1/44
,, Glockenmetall	1/63	1/22
,, Statuenbronze	1/77	1/26
,, Zinn	1/146	1/49
,, Blei	1/92	1/31.

Von dem Schwinden ist wohl zu unterscheiden das Saugen, welches nicht nur die Grösse, sondern auch die Form des Gussstückes verändert. Man versteht darunter in Folge örtlicher stärkerer Contraction das Erstarren mit concaven Flächen und stumpfen Ecken. Es findet besonders beim weissen Roheisen statt. Das Sichkrümmen eines Gussstückes durch zu rasche und ungleichmässige Abkühlung heisst das Sichwerfen oder Sichverziehen (se déjeter, *distorting*).

237. Die Vorbereitung des Metalles zum Giessen besteht in dem Schmelzen und dem Ueberhitzen des geschmolzenen Metalles, welche Operation theils in Tiegeln, theils in Kesseln und Oefen vorgenommen wird. Vor dem Giessen in die Form sind von der Oberfläche des geschmolzenen Metalles alle von Oxyd oder Schlacke herrührende Unreinigkeiten zu entfernen. Das Vollfüllen der Gussform geschieht ohne abzusetzen; eine jede Unterbrechung hat gewöhnlich zur Folge, dass das später nachfliessende Metall sich mit dem schon vorhandenen nicht vollständig vereinigt und ein sogenannter Kaltguss sich erzeugt, der durch Hammerschläge etc. leicht auseinander geht.

Die Giessform muss folgende Eigenschaften besitzen:

1) sie muss dauerhaft sein, dass sie den Guss aushält, ohne durch das Gewicht des eingegossenen Metalles zertrümmert oder durch dessen Hitze beschädigt oder zerstört zu werden;

2) sie muss die erforderliche Schärfe in der Ausführung der Umrisse, Verzierungen und dergleichen besitzen, damit der Guss so ausfällt, dass die Nacharbeit (Feilen, Ciseliren, Abdrehen) möglichst gering sei;

3) das flüssige Metall darf durch das Formmaterial nicht zu schnell abgekühlt werden, damit es im Stande sei, vor dem Erstarren alle und selbst die entferntesten Theile der Form auszufüllen. Die Form muss

deshalb aus schlechten Wärmeleitern bestehen, oder sie muss vor dem Eingiessen des Metalles erwärmt werden;

4) es darf kein Adhäriren des Metalles an die Form stattfinden. Man pflegt deshalb die inneren Flächen derselben mit einem Pulver (Kohlenpulver, Russ, Kreide, Thon) zu überziehen.

5) es muss der gegossene Gegenstand leicht aus der Form entfernt werden können; zu dem Ende besteht die Form entweder aus einem zerbrechlichen Material, welches nach vollendetem Gusse zerstört wird, oder sie besteht aus mehreren Theilen, die, wo sie an einander schliessen, auf der Oberfläche des Gusses die sogenannte Gussnaht (bavure, *seam*) erzeugen;

6) damit die in der Form enthaltene Luft das Eindringen des flüssigen Metalles nicht verhindere, ist die Form häufig mit eigenen Kanälen, den sogenannten Windpfeifen (évents, *air holes*) versehen, durch welche die Luft entweicht. Bei porösen (z. B. Sandformen) oder solchen Formen, deren Fugen der Luft genügenden Austritt gestatten, sind die Windpfeifen überflüssig;

7) damit das flüssige Metall in der kürzesten Zeit die Form in allen ihren Theilen vollständig ausfülle, muss der Einguss (jet, *tedge, runner*) an der passenden Stelle, in allen Fällen höher als der höchste Punkt der Form liegen; er zweigt sich oft in zwei oder mehrere Gussröhren (coulées, *sprays*) ab, die nach verschiedenen Stellen führen und demnach das Anfüllen der Form beschleunigen. Man pflegt dem Eingusse die Gestalt eines langen Kanales zu geben, damit die in dem Eingusse befindliche Metallsäule durch ihren Druck zur Ausfüllung der Form beitrage. Das Metall im Eingusse heisst der Gusszapfen oder Giesskopf (jet, masselotte, *runner*).

Die Materialien, die zur Herstellung der Giessformen Anwendung finden, sind entweder Sand und Lehm, Metalle, Steine, in einzelnen Fällen auch Holz und Papier. Die aus Sand und Lehm hergestellten Formen sind nur zu einem einzigen Gusse brauchbar und heissen verlorne Formen, die metallenen Formen dagegen heissen bleichende oder gute Formen. Die Anfertigung der verlornen Formen für jeden gegebenen Gegenstand lehrt die Formerei, als ein und zwar der wichtigste und schwierigste Theil der Giesserei.

Die Eisengiesserei[1]).

238. Das Giesen des Roheisens und des Gussstahls geschieht im wesentlichen auf gleiche Weise. Das Giessen des Roheisens findet

1) Literatur: Karsten, Eisenhüttenkunde, 3. Aufl. Bd. III; Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation 1851 p. 579; Guettier, de la fonderie, Paris 1858; Hartmann, Handbuch der Eisengiesserei, Weimar 1863;

entweder unmittelbar aus dem Hohofen (Hohofenguss) statt, oder es wird das Roheisen vorher noch umgeschmolzen (Umschmelzbetrieb). Der Hohofenguss ist nur zulässig, wo grössere Artkiel in hinreichender Menge, um den Ofen dauernd zu beschäftigen, gegossen werden und zugleich die zu verschmelzenden Eisenerze diejenige Roheisensorte geben, welche der Bestimmung der herzustellenden Gegenstände entspricht. Der Umschmelzbetrieb wird nothwendig, sobald der Hohofen die erforderliche Roheisensorte nicht ohne Störung des Betriebes in genügender Menge liefern kann; er gewährt auch ausserdem im Vergleiche mit dem Hohofenbetriebe entschiedene Vortheile, indem mit seiner Hülfe allein alle Roheisensorten, welche zur Herstellung der verschiedenen Eisengusswaaren erforderlich sind, mit einiger Sicherheit und zu jeder Zeit angewendet werden können. Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Eisenerze und der Kohlen, die beim Hohofenbetriebe oft sehr nachtheilig einwirken, sind auf ihn ohne Einfluss. Es lassen sich beliebig grosse und kleine Stücke giessen. Endlich ist man unabhängig in der Wahl des Ortes der Anlage der Giesserei, die gewöhnlich mit einer Maschinenbauanstalt verbunden ist.

Die Eisengiesserei bietet ein interessantes Beispiel, welche bedeutende Steigerung der Werth des Rohmaterials durch die Verarbeitung erhalten kann; es lassen sich gewisse Eisengusswaaren in solcher Feinheit und Leichtigkeit herstellen, dass von den kleinsten Artikeln nahe an 10,000 Stück auf ein Pfund gehen. Mit dem Grade der Feinheit nimmt auch der Preis zu und zwar bei gröberen Artikeln des Feingusses um das 1100 und bei den feinsten um das 9827fache. In der That ein schlagender Beleg dafür, wie sich aus Eisen und Arbeit unter günstigen Umständen Gold machen lässt.

Das Umschmelzen des Roheisens geschieht auf dreierlei Weise. Für kleinere Gegenstände wendet man zum Umschmelzen Thon- oder Graphittiegel (creusets, *crucibles*), für grössere Schachtöfen (Kupoloöfen, fourneau à coupole, *coupolo furnace*), für sehr grosse Flammenöfen (fourneau à reverbère, *reverberatory furnace*) an. In den Tiegeln wird das Eisen am wenigsten, nicht merklich auch im Kupoloofen, am meisten aber im Flammenofen verändert. Von den Roheisensorten zieht man das hell- und mittelgraue, feinkörnige und das halbirte Roheisen allen übrigen Eisensorten vor; die dunkelgraue Sorte hat zu wenig Festigkeit und giebt poröse und undichte Güsse, und kann da-

---

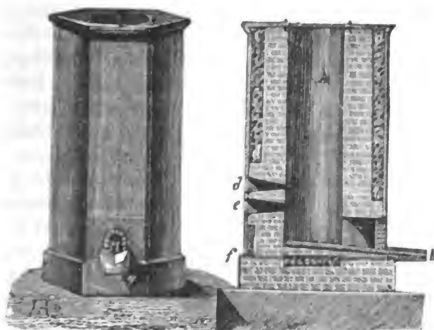
Prechtl's Encyclopädie Bd. V und Supplementband II p. 613; F. K. H. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde, Stuttgart 1858, Bd. I p. 442; B. Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, Leipzig 1864, Bd. III p. 343; K. Karmarsch, Handbuch der mechan. Technologie, 4. Aufl., Hannover 1866, Bd. I p. 85; E. F. Dürre, Aphorismen über Giessereibetrieb, Berg- und hüttenm. Zeit. 1865. u. 1866.

her nur zu solchen Gegenständen angewendet werden, bei welchen Haltbarkeit nicht eben Hauptbedingung ist. Ausser dem Roheisen finden auch Roheisen- und Stabeisenabfälle, meist in Gestalt von Dreh- und Bohrspänen Anwendung.

239. Das Umschmelzen in Tiegeln (creusets, *crucibles*). Man wendet sowohl feuerfeste Thontiegel, als auch Graphittiegel an. Weil die Tiegel mit Deckeln versehen sind, so wird das Eisen während des Schmelzens in seiner Beschaffenheit wenig verändert. Die Tiegel werden in kleine Zugöfen gesetzt, und das Eisen möglichst schnell niedergeschmolzen. Gewöhnlich schmilzt man in einem Tiegel nur 20 bis 30 Pfund Eisen. Der Roheisenverlust beim Umschmelzen in Tiegeln beträgt 10 Proc. und wird nicht sowohl durch die Arbeit des Umschmelzens, als vielmehr durch mechanisches Verzetteln der Eisenkörnchen und durch die Eingüsse bei den Giessformen veranlasst. Zum Umschmelzen von 100 Pfund Roheisen braucht man 50—100 Kubikfuss Holzkohlen und 10 bis 75 Kubikfuss Koks.

240. Das Verschmelzen in Schachtöfen (Kupoloofen). Obgleich hierbei das schmelzende Roheisen der unmittelbaren Einwirkung der Kohle ausgesetzt ist, so geht doch die Schmelzung so rasch vor sich, dass das Eisen keine Kohle aufnimmt. Zu Anfange des vorigen Jahrhunderts gab es nur noch sehr unvollkommene Vorrichtungen, um das Eisen in kleinen, tiegelartigen Schachtöfen niederzuschmelzen. Diese kleinen Oefen waren im Anfange nur 16 Zoll hoch, durch die Anwendung von Holzkohlen wurde die Höhe nach und nach bis auf 16 Fuss vergrössert. Durch die Anwendung der Koks ward eine Verminderung der Schachthöhe möglich. Die eigentlichen Schächte, in denen das Schmelzen stattfand, werden meist durch einen eisernen Mantel zusammengehalten. Nach der älteren Methode wird der ganze Ofen nach erfolgtem Schmelzen des Eisens umgestürzt, um auf diese Weise das geschmolzene Eisen in die Formen zu giessen. Der Ofen schwebt durch eine künstliche Vorrichtung auf Zapfen aufgehängt und wird beim Ablassen des geschmolzenen Eisens gegen den Horizont geneigt. Man nennt derartige Oefen Senk- oder Sturzöfen. Sie sind gegenwärtig nicht mehr im Gebrauche. Gegenwärtig benutzt man allgemein den Kupoloofen (Fig. 71 und 72), welcher die vollständigste Ausnutzung des Brennmaterials zulässt, zu jeder Zeit flüssiges Eisen von erforderlicher Beschaffenheit liefert und sich durch Leichtigkeit und Schnelligkeit der Arbeit auszeichnet. Er besteht aus einem cylindrischen Schachtofen (Koksöfen haben 6—12 Fuss, Holzkohlenöfen 10—20 Fuss Höhe; die Weite in der Formgegend schwankt zwischen 12—24 Zoll bei kleineren Oefen, zwischen 4 und 6 Fuss bei Oefen mit einem Fassungsraum von 60—100 Ctr.), in welchen man durch die Gicht das Roheisen und das Brennmaterial (Holzkohlen oder Koks) schichtenweise in den Schacht einträgt; die Oeffnungen *c* und *d* dienen zur Einführung der Düsen des

Fig. 71 und 72.



Gebläses (seltener Cylindergebläse als Ventilator). Die nach der Rinne *B* führende Oeffnung ist während des Schmelzens verschlossen; sobald das geschmolzene Eisen die Oeffnung *c* erreicht hat, wird dieselbe vermittelst Thon verschlossen und die zuerst in *c* befindliche Düse in die Oeffnung *d* gelegt. Der Schacht ist aus feuerfesten Steinen aufgemauert oder aus feuerfestem Sande aufgestampft und in der Regel mit einem eisernen, runden oder sechseckigen Mantel versehen. Zwischen dem Gemäuer und den Eisenplatten ist ein Zwischenraum, welcher mit einem schlechten Wärmeleiter (Schutt, Asche, Ziegelstücken) angefüllt ist. Sind kleinere Gegenstände zu giessen, so lässt man von Zeit zu Zeit das geschmolzene Eisen durch die Rinne *B* entweder unmittelbar in die Formen oder in eiserne, inwendig mit Thon verschmierte Pfannen fliessen, die mit einem Ausgusse und mit Vorrichtungen zum Transport versehen sind. Der Abgang beim Umschmelzen in dem Kupoloofen richtet sich nach der Roheisensorte, dem Brennmaterial und dem Ofengange, und beträgt 3—5,5 Proc., im ungünstigsten Falle 12, 15—23 Proc. Auf der Sayner Hütte verbraucht man auf 100 Pfd. Roheisen 33 Pfd. Koks. Der Schmelzabgang beträgt 8,9 Proc.

Da man beim Kupoloofenbetriebe bei der Verbrennung des Brennmaterials hauptsächlich der höheren Temperatur wegen Kohlensäure und nicht Kohlenoxydgas erzeugen will (bei der Bildung von Kohlensäure beträgt die Temperatur 2450° C., bei der Bildung von Kohlenoxyd nur 1300°), so wählt man ein Brennmaterial, welches zu Kohlensäure verbrennt und wenig geneigt ist, die Kohlensäure zu Kohlenoxyd zu reduciren, wodurch die Temperatur im Schmelzraume erniedrigt werden würde. Als solches verdienen die dichten Koks vor den Holzkohlen den Vorzug.

Das Umschmelzen in Flammenöfen unterscheidet sich von dem Umschmelzen im Kupoloofen dadurch, dass während bei letzterem das Eisen in unmittelbarer Berührung mit der glühenden Kohle steht, im Flammenofen das unverkohlte Brennmaterial isolirt verbrennt

und nur die brennenden Gase, die Flamme, über das Eisen hinstreichen. Da das Eisen im Flammenofen der Einwirkung der Luft niemals vollständig entzogen werden kann, so muss sich stets während des Umschmelzens die Qualität des Eisens ändern. Je schneller das Eisen geschmolzen wird, desto weniger wird sein Kohlegehalt abnehmen. Indem alle Roheisensorten durch das Umschmelzen Kohle verlieren, gewinnen sie zugleich an Weichheit und Festigkeit; dabei ist aber zu berücksichtigen, dass durch eine zu weit getriebene Entkohlung und durch theilweise Oxydation das Roheisen zu Gusswaaren untauglich wird. Das umzuschmelzende Roheisen wird in Stäben von 3—4 Quadratzoll Stärke oder in dünnen Platten auf dem mit feuerfestem Sand bedeckten Schmelzherde, der in der Richtung seiner Länge etwas geneigt ist und an dessen tieferliegenden schmalen Seite das Stichloch zum Abstechen des umgeschmolzenen Eisens befindlich ist, geschmolzen und dann abgestochen. Aus dem Stichloche läuft das Eisen entweder direct in die Formen, oder man füllt damit lehmbestrichene Kellen und Pfannen, welche von den Arbeitern zu den Formen getragen, und dort durch Neigen ausgegossen werden. In einem Flammenofen lassen sich mehr als 50, zuweilen sogar 150 Ctr. Roheisen auf einmal umschmelzen. In der Eisengiesserei von Wöhlert in Berlin schmilzt man 50 Ctr. Roheisen in $4^1/_2$ Stunden ein und verbraucht auf 100 Pfd. Roheisen 27—36 Pfd. Steinkohlen.

Vergleicht man die verschiedenen Methoden zum Umschmelzen des Roheisens, so findet man, dass das Tiegelschmelzen zwar die grössten Betriebskosten, aber das geringste Anlagekapital erfordert, jedoch nur bei Giessereien, die kleine Gegenstände, namentlich Bijouteriewaaren anzufertigen haben, anwendbar ist. Der Kupoloofenbetrieb erfordert bewegende Kräfte für die Gebläse und ist für schwere und grosse Gusswaaren unzureichend, ebenso zu Gegenständen, welche neben grosser Härte auch Festigkeit haben müssen. Das Umschmelzen in Flammenöfen erfordert hohe und kostspielige Schornsteine und feuerfestes Mauermaterial; es liefert aber auch dafür ein Eisen von besonderer Festigkeit, welches für den Geschützguss vorzüglich geeignet ist.

241. Formerei. Die richtige Beschaffenheit der Formmasse ist für das Gelingen des Gusses von grosser Wichtigkeit. Hauptanforderung an die Formmasse ist, dass sie bei der Temperatur des geschmolzenen Roheisens nicht schmilzt und beim Gusse keine Gase entwickelt oder diesen doch wenigstens einen andern Abzug gestattet, als durch das geschmolzene Eisen, weil ausserdem der Guss porös und blasig ausfällt. Ein Schmelzen der Formmasse ist bei sehr eisenhaltigem Sande und sehr kalkhaltigem Thone zu befürchten, daher die Anwendung solcher Materialien als Formmaterial zu vermeiden ist. Eine Gasentwickelung während des Gusses kann stattfinden 1) durch Feuchtigkeit, welche in der Form trotz scharfem Trocknen und Glühen stets zurückbleibt und sich

bei höherer Temperatur theils in Gestalt von Wasserdämpfen verflüchtigt, theils auch durch das kohlehaltige Roheisen in der Weise zersetzt wird, dass sich Kohlenwasserstoffgas bildet, welches an der Luft mit der bei jedem grösseren Eisengusse sichtbaren, bläulichweissen Flamme brennt, 2) durch Entwickelung von Kohlensäuregas, wenn ein mergelartiger Lehm als Formmaterial angewendet wurde, 3) durch gasförmige Producte der trocknen Destillation organischer Substanzen, die sich dem Lehm oder Thon natürlich beigemengt finden oder der Masse absichtlich zugesetzt werden.

Als Formmaterial wendet man an: 1) Sand (sable à mouler, *moulding sand*) und zwar am besten den aus zerfallenem Sandstein gebildeten, der frei von allen lettigen Bestandtheilen sich mager anfühlt, mit Wasser gemengt aber genügende Bildsamkeit besitzt. Flusssand besitzt in der Regel keine Bindekraft, thonhaltiger Sand gestattet den sich entwickelnden Gasen nicht schnell genug Abzug. Wo natürlicher Formsand mangelt, stellt man ihn künstlich durch Mengen von 93 Th. feinem Streusand, 2 Th. rothem Ocker und 5 Th. möglichst kalkfreiem Thon dar. Avery empfiehlt ein Gemenge von 1 Th. blauem Thon mit 9 Th. gewöhnlichem feinem Sand. Die mechanische Vorbereitung des Sandes besteht in einem Zerkleinern und Sieben. 2) Masse, fetter Sand, welcher entweder natürlich sich findet oder aus magerem Thon und Sand zusammengesetzt ist. Das passendste Verhältniss von Sand und Thon zu finden, ist die eigentliche Kunst des Formers. 3) Lehm, 4) Gusseisen (gusseiserne Formen — Coquillen, Patronen, Schalen, Kapseln — finden Anwendung, wenn der eiserne Gegenstand durch schnelle Abkühlung eine oberflächliche Härtung erlangen soll), 5) Kokspulver, welches man der Masse zusetzt, die dadurch allerdings weniger bindend wird, aber die Eigenschaft erlangt, die Wärme minder schnell abzuleiten und dem Gussstücke eine glattere Oberfläche zu verleihen, 6) Kohlenpulver, in neuester Zeit auch Kartoffelstärke, zum Bestäuben und Glätten der Formen, theils als Zusatz zum Sand, um denselben lockerer und minder wärmeleitend zu machen.

242. Das Formen geschieht über Modelle (modèle, *pattern, foundry pattern*), welche dem durch den Eisenguss herzustellenden Gegenstand an Gestalt und Grösse mit Berücksichtigung des Schwindens gleich sind. Die Modelle sind

α) von Holz, die zwar billig herzustellen sind, aber keine scharfen Abgüsse liefern; sie werden aus gut ausgetrocknetem, politurfähigem Holze gefertigt und sind auf der Oberfläche polirt oder mit Lack überzogen;

β) von Metall (Gusseisen, Messing, Zink, Blei, Zinn), wenn sie zu einem stehenden Artikel gehören, dessen Gestalt unabänderlich für zahlreiche Güsse beibehalten werden soll, wie es z. B. bei der Herstellung der Geschütze, der Töpfe bei dem Poterieguss etc. der Fall ist;

das ursprüngliche Modell wird in der Regel aus Holz, in einzelnen Fällen auch aus gebranntem Thon, Gyps, Wachs etc. angefertigt.

Um das Gewicht eines aus Eisen zu giessenden Gegenstandes nach dem Gewicht des Modelles zu ermitteln, multiplicirt man das Gewicht eines Modelles

von	Tannenholz	mit	14
,,	Eichenholz	,,	9
,,	Buchenholz	,,	9,7
,,	Birkenholz	,,	13,4
,,	Erlenholz	,,	12,8
,,	Messing	,,	0,84
,,	Zink	,,	1
,,	Zinn	,,	0,89
,,	Blei	,,	0,64
,,	Gusseisen	,,	0,97.

γ) von Wachs; sie finden Anwendung bei künstlichen Verzierungen, Büsten und Statuen, welche nach der gewöhnlichen Methode nur schwierig zu formen sind; sie werden nach vorhandenen Mustern in Gyps und aus den Gypsformen in Wachs gegossen. Die Wachsgüsse werden mit Thonmasse überkleidet und darauf mit Vorsicht ausgeschmolzen, wodurch die Form entsteht.

Unweit des Ofenherdes befindet sich die in der Hüttensohle ausgegrabene, ausgemauerte oder mit eisernen Platten bekleidete Dammgrube, welche zur Aufnahme von grossen, in vertikaler oder geneigter Lage abzugiessenden Gegenständen bestimmt ist. Nachdem die Form in die Dammgrube eingesenkt ist, wird sie häufig noch mit Sand umdämmt und mit Gewichten beschwert, damit sie durch das geschmolzene Eisen nicht gehoben werde. Bei einer derartigen Zurichtung sind nur die Eingüsse und die Windpfeifen sichtbar. Vor die Ausgangslöcher der Windpfeifen hält man während des Giessens brennendes Stroh, damit das durch Wasserzersetzung entstandene Kohlenwasserstoffgas verbrenne, ausserdem könnte eine Explosion stattfinden, welche theils die Form beschädigen, theils das geschmolzene Eisen umherschleudern würde. Der Einguss ist entweder so angebracht, dass die Form von oben gefüllt wird, oder nach dem Princip der communicirenden Röhren in der Weise, dass das geschmolzene Eisen durch einen Kanal von unten in die Form tritt und durch Aufsteigen dieselbe füllt (Giessen mit Steigrohr, couler à cale).

Gussarten.

243. Je nach dem Formmaterial und den verschiedenen Verfahrungsarten, die man anwendet, um vortheilhafte und gelungene Güsse zu erzielen, unterscheidet man

α) Sandguss in Formen von magerem Sand; bei Gegenständen, die auf der einen Seite eben sind, wendet man den Herdguss an, d. h.

man giesst auf einem Theile der Hüttensohle, der mit Formsand bedeckt ist; in diesen Formsand ist das Modell so eingedrückt, dass dessen Oberfläche horizontal ist. Wo ein einfaches Ausheben des Modelles wie bei dem Herdguss nicht möglich ist, wendet man den Kastenguss an;

β) Masseguss in Formen aus einem Gemenge von Sand und Lehm, Masse genannt;

γ) Lehmguss in Formen aus Lehm;

δ) Schalenguss in Formen aus Gusseisen.

Der Sandguss.

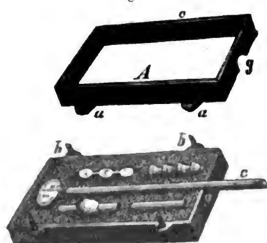
244. Der Sandguss (moulage en sable, *sand-moulding*) zerfällt, wie schon angeführt:

1) in den Herdguss (moulage à decouvert, *open sand-moulding*),
2) in den Kasten- oder Ladenguss (moulage en châssis, *sand-moulding between flasks*).

Der Herdguss ist die einfachste Art des Gusses, die dort Anwendung findet, wo es sich um die Herstellung einfacher und flacher Objecte handelt, die wie Ofenplatten, Röste etc. nur auf Einer Seite eine ebene oder mit Verzierungen versehene Oberfläche haben müssen. Es wird der scharf getrocknete, mit Kohle- oder Kokspulver gemengte Formsand auf dem Herde, d. i. einen Theil der Hüttensohle, der aufgestochen und dessen Oberfläche mit dem Richtscheite und der Setzwage vollkommen horizontal gemacht worden ist, ausgebreitet. In den Formsand wird das Modell so eingedrückt, dass dessen Oberfläche horizontal ist; darauf wird um das Modell so viel Formsand gestampft, dass die Oberfläche des Modelles mit dem Formsand eine Ebene bildet, und eine Rinne zu dem Modell geleitet, durch welche das geschmolzene Eisen nach der Form fliesst. Nachdem das Modell aus der Form entfernt ist, wird letztere mit Kohlenstaub oder auch Kartoffelstärke überpudert, um das Anschmelzen von Sandkörnern an das Eisen zu verhindern. Nachdem die Form mit Eisen angefüllt ist und dieses zu erstarren beginnt, bedeckt man das Gussstück mit Kohlenstaub und Sand, um sowohl Oxydation, als auch ein Verziehen in Folge zu schneller Abkühlung, welche ausserdem den Guss spröde machen würde, zu verhindern. Beispiele für diesen offenen Herdguss liefert das Giessen von Ofenplatten und Platten überhaupt, Rädern, Gittern, Maassstäben etc. Bei Gegenständen, die auf der oberen Seite Verzierungen erhalten sollen, wendet man den verdeckten Herdguss an, welcher darin besteht, dass man eine Eisenplatte, welche die Verzierungen enthält, zuerst mit Lehm und nachdem diese getrocknet, mit einem Gemenge von Lehm und Kohlenpulver überzieht; mit dieser Platte bedeckt man die Form, so dass das einfliessende Eisen bis an die Lehmfläche steigt.

245. Der Kasten- oder Ladenguss, wobei der Sand in Behältnisse (Formkasten, Formladen, châssis, *flasks*) eingeschlossen ist, so dass transportable Formen entstehen, welche in besonderen Lokalen gefertigt und dann in die Giesserei geschafft werden können, wird bei allen solchen Gegenständen angewendet, wo, weil es sich um Gegenstände handelt, welche von allen Seiten eine bestimmte Begrenzung haben müssen, ein einfaches Ausheben des Modelles, wie bei dem Herdguss, nicht ausführbar ist. Für viele Gegenstände besteht der Kasten aus zwei Theilen und zwar häufig nur aus zwei oder drei gusseisernen Rahmen, welche auf einander gesetzt werden (Oberkasten, *top flask*; Mittelkasten, *middle flask;* Unter- oder Bodenkasten, *bottom flask*). An dem einen Kasten *A* (Fig. 73) befinden sich Lappen mit runden Löchern *a a*, an dem anderen *B* sind Lappen mit Spitzen *b b* angegossen, welche genau in die Löcher *a a* passen. Der Rahmen *B* wird mit Formsand, welcher etwas fetter sein muss, als bei dem Herdguss, vollgestampft. Darauf werden die Metalle und die Stange für die Gussrinne eingedrückt, die Oberfläche des Sandes mit der Kante des Rahmens gleichgemacht und mit feinem Sande überpudert. Sodann wird der Rahmen *B* aufgesetzt, ebenfalls voll Formsand gestampft und dann wieder abgenommen. Die hervorragenden Theile der Modelle befinden sich nun im Sand des Rahmens abgedrückt, welcher in Folge der dazwischen befindlichen feinen Sandschicht nicht an den Sand des Bodenkastens anklebt. Nachdem von der Hauptrinne *c* kleine Rinnen nach allen Modellen eingeschnitten, die Modelle entfernt, die Formen ausgeputzt und die Kasten zusammengesetzt worden sind, stellt man den Kasten senkrecht und lässt durch den Einguss *g* das geschmolzene Eisen einströmen.

Fig. 73.



Soll der Gegenstand hohl werden, so wird die Höhlung durch einen Kern gebildet, welcher nach dem Erkalten entfernt wird. Es solle z. B. ein Topf in Formsand gegossen werden. Das dazu gehörige Modell besteht aus zwei genau an einander passenden Theilen. Man stellt dieses Modell auf das Modellbrett *C* (Fig. 74) und um dasselbe herum die beiden Hälften *D E* des Formkastens. An diese Hälften ist ein Eisenblech *a* befestigt, das genau nach den Contouren des Topfes ausgeschnitten ist und daher beim Zusammenstellen der beiden Hälften das Modell berührt. Nun wird der Formkasten voll Formsand gestampft, die Oberfläche desselben geebnet und mit feinem Sand bestreut, darüber der Kasten *F* gestellt, vermittelst der Haken *i* befestigt und gleichfalls

mit Formsand angefüllt. Darauf wird der Kasten umgekehrt; der Topf mit Formsand festgestampft, die Oberfläche desselben geebnet und mit Sand bestreut und darauf der Kasten *G* (Fig. 75) gebracht, der auch mit Sand angefüllt wird. In den Topf wurde vorher die Stange *s* ge-

Fig. 74.

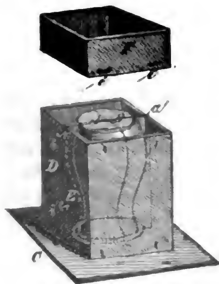
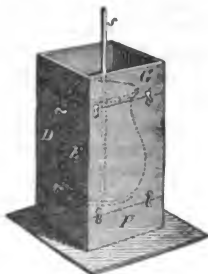


Fig. 75.



bracht, damit durch den durch die Stange sich bildenden Kanal die während des Giessens sich bildenden Gase entweichen können. Der Kasten wird nun wieder umgekehrt, ein Keil *r* (Fig. 76) bis auf das Modell des Topfes hineingedrückt und sogleich wieder herausgenommen.

Fig. 76.



Fig. 77.



Darauf wird *F* entfernt, die Kästen *D* und *E* werden auseinandergenommen und das Modell entfernt. Man setzt nun die Kasten wieder zusammen und die Form ist zum Gusse fertig. Das durch *r* einströmende Eisen füllt nun genau den Raum aus, welchen vorher das Modell einnahm. Nach dem Erkalten des Eisens wird der Kasten auseinandergenommen und der Einguss abgeschlagen (Fig. 77).

Der Masseguss.

246. Der **Masseguss** wird in Fällen angewendet, wo man das Zusammenstürzen einer Sandform zu befürchten hat und wo man dem Gusse die ganze natürliche Weichheit des Roheisens erhalten will. Er unterscheidet sich von dem Sandguss dadurch, dass der Sand mehr Thon enthält und die Form, wenn sie fertig ist, scharf ausgetrocknet wird. Alle Arbeiten sind genau so, wie bei dem Kastenguss im feuchten Sand. Man benutzt den Masseguss von **Eisen** und von **Gussstahl** zu Kanonen, Gussstahlglocken, Mörsern, Radkränzen (*tyres*) und zu den sogenannten Galanteriewaaren aus Eisenguss (Schreibzeuge, Leuchter, Ringe, Schnallen). Zur Herstellung der Kanonen findet das halbirte Roheisen Anwendung, indem dasselbe Zähigkeit mit Elasticität und einer gewissen Härte vereinigt; es scheint indessen, als werde das **Roheisen** in der Geschützgiesserei vollständig von dem **Gussstahl** ersetzt werden, was die Leistungen Fr. **Krupp's** in Essen beweisen (vergl. S. 71).

Der Lehmguss.

247. Der **Lehmguss** findet bei massiven Gegenständen fast nie, sondern überhaupt nur dann Anwendung, wenn grosse Gefässe oder gefässähnliche Stücke, wozu man kein besonderes Modell machen kann oder will, wie grosse Kessel, Thurmglocken, Dampfmaschinencylinder, gegossen werden sollen. Man unterscheidet bei einer jeden Lehmform für hohle Gegenstände drei Haupttheile: a) den Kern (noyau, *core, nowel*), der an Grösse und Gestalt dem Innern des Gussstückes gleichkommt, b) das Modell (Hemd, Dicke oder Eisenstärke, chemise, *thickness*) und c) den Mantel (manteau, *case*), die Einhüllung des Modells, in welchem zugleich der Einguss nebst den Windpfeifen angelegt wird. Durch die Einführung des Massegusses in den Giessereien ist der Lehmguss sehr beschränkt worden.

Das Verfahren bei Herstellung einer Lehmform ist im Allgemeinen folgendes. Der **Kern** wird, um an Material und an Arbeit zu ersparen, hohl gemacht; ist das herzustellende Gussstück von beträchtlicher Grösse, so wird der Kern von lufttrocknen Lehmsteinen aufgeführt und nur zur Vollendung seiner Gestalt mit Formlehm, einer innigen Mischung von Lehm und Pferdemist, überkleidet. Bei kleineren Gegenständen wird der Kern um eine Spindel aus freier Hand oder auf der Drehscheibe mittelst Chablonen (Drehbrettern, Lehren) angefertigt, bei grösseren erhält der Kern seine Form durch Drehbretter, die im Kreise um den Kern herumgeführt werden. Die äussere Gestalt des Kernes bestimmt die innere Form des Gussstückes. Nachdem der Kern getrocknet ist, übergiesst man ihn mit einem dünnen Brei von Holz- oder Torfasche mit Wasser

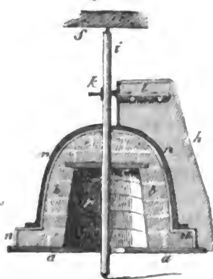
(das Aschen des Kernes), zuweilen bepinselt man ihn statt dessen mit einer geschmolzenen Mischung von Wachs und Talg. Auf den Kern trägt man nun nach der Chablone oder aus freier Hand so viel feinen Lehm auf, als der Eisenstärke (dem Modell) entspricht. Dieser Ueberzug wird ebenfalls geascht und getrocknet. Zuletzt wird die Eisenstärke mit einer Lehmdecke, dem Mantel, überzogen. Das Aschen verhindert das Adhäriren der Thonmassen, so dass sich Mantel und Eisenstärke leicht von dem Kerne abheben lassen. Nach dem Trocknen des Mantels wird derselbe entweder im Ganzen nach oben (bei konischen Gefässen) oder wo dieses nicht ausführbar ist, in einzelnen Stücken seitwärts von dem Modelle oder der Eisenstärke abgezogen; das Modell wird vom Kerne entfernt. Kern und Mantel werden nun gebrannt und nachgebessert. Ueber den Kern setzt man die Stücke des Mantels wieder zusammen, verschmiert die Nähte, umwindet (armirt) den Mantel mit Draht und dämmt die ganze Form bei grösseren Gegenständen ein. Auf diese Weise erhält man den bisher von der Eisenstärke inne gehabten Raum hohl. Vor dem Gusse werden die innere Seite des Mantels und der Kern mit einer Brühe von Leimwasser und Kohlenstaub (*black wash*) bepinselt oder über einem Kienholzfeuer geräuchert (geschwärzt). Die Windpfeifen und die Eingüsse werden aus Lehmröhren gebildet, welche in Oeffnungen des Mantels eingesetzt werden. Nachdem das Gussstück in der Form erkaltet ist, wird der Mantel abgeschlagen und der Kern herausgestochen, wenn das Gussstück davon nicht abgehoben werden kann.

248. Die Details des Lehmgusses für grössere runde Gegenstände sollen an einem Beispiele erläutert werden, wozu als Gussstück ein grosser Kessel (Fig. 78) gewählt ist. Man befestigt zwischen dem Boden und einem Balken *f* (Fig. 79) einen Pfahl *i*, welcher im Centrum

Fig. 78.



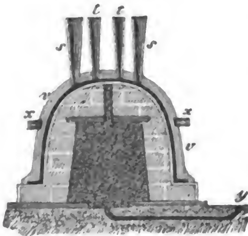
Fig. 79.



eines auf einer Unterlage ruhenden Ringes ruht. Der Kern wird roh aufgemauert und dessen innerer Raum *r* leer gelassen. An den Pfahl

wird mittelst der Schraube *k* und der Gabel *l* die Schablone *h* (Kernschablone), ein nach dem Profile der inneren Kesselwand ausgeschnittenes Brett, befestigt, so dass der Pfahl als Drehaxe für die Schablone dient. Der gemauerte Kern wird nun mit Lehm umgeben und demselben durch Herumführen der Schablone die erforderliche Form gegeben. Darauf wird von der Schablone so viel abgeschnitten (Mantelschablone), dass sie dem Profile der äusseren Kesselfläche *nn* entspricht; der Kern wird wieder mit Lehm umgeben und durch die Schablone geformt. Nachdem der Pfahl *i* und die Schablone beseitigt sind, wird der Mantel *v* (Fig. 80) herumgelegt, den man durch Eisenstäbe oder eiserne Reifen, die man in die Masse gelegt hat, verstärkt, um ihr theils grössere Haltbarkeit zu geben, theils auch mit Hülfe der Handhaben *x*, die an den Reifen befestigt sind, bequemer abheben zu können. Nach dem gehörigen Austrocknen und Brennen der Form wird der Mantel abgehoben, die Lehmschicht *n* (die Eisenstärke) entfernt, der Raum *r* und der Kanal *y*, durch welchen die Gase abziehen, mit Sand gefüllt. Der Mantel wird wieder aufgesetzt und in zwei Oeffnungen desselben die Eingüsse *ss* eingesetzt; die Röhren *tt* sind Windpfeifen.

Fig. 80.



Der Kunstguss, d. i. die Anfertigung von Monumenten, Statuen etc. ist gleichfalls Lehmguss; hierzu beginnt aber in neuerer Zeit das Zink das Gusseisen zu verdrängen.

Bei solchen Gegenständen, welche viel Erhabenheiten auf ihrer Oberfläche und besonders eine solche Form haben, dass ein theilweises Abheben des Mantels nicht ausführbar ist, wie z. B. bei dem Guss von Grabmonumenten, Kunstöfen, Statuen etc., wird auf den getrockneten und gebrannten Kern die Form in Wachsabgüssen aufgetragen. Das von dem Modelleur angefertigte Modell wird in Gyps gegossen, und es werden so viel einzelne Gypsformen dargestellt, als des Abhebens wegen möglich sind. Man giesst das Wachs in die einzelnen Formen, trägt die Wachsabgüsse auf den Kern und setzt sie auf demselben vorsichtig zusammen. Diese Wachsform wird mit feingeschlemmtem Thon, der mit etwas Graphit vermischt worden ist, überpinselt, und nachdem dies wiederholt geschehen ist, die Form mit einer stärkeren, mit Kuhhaaren untermengten Thonschicht umgeben. Ist der Ueberzug getrocknet, so schmilzt man das Wachs durch Erwärmen der Form heraus.